

**DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK
BIODIESEL DARI MINYAK GORENG
BEKAS**
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

**Dr. Rika Ampuh Hadiguna
Doni Putra, ST**



Andalas University Press

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS

(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

Penulis :

Dr. Rika Ampuh Hadiguna
Doni Putra, ST

Ilustrasi Sampul dan Penata Isi :

Dyans Fahrezionaldo
Safri Y

Sumber Gambar Cover :

www.mondoforex.com

Hak Cipta pada Penulis

Diterbitkan dan Dicetak Oleh :

Andalas University Press

Jl. Situjuh No. 1, Padang 25129, Telp/Faks. : 0751-27066

email : cebitunand@gmail.com / facebook : AU Press (Andalas University Press)

Anggota :

Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

Cetakan :

I. Padang, 2015

ISBN : 978-602-8821-84-1

Hak Cipta dilindungi Undang Undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebahagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit. Isi di luar tanggung jawab percetakan

Ketentuan Pidana Pasal 72 UU No. 19 Tahun 2002

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000.-(satu juta rupiah) atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000.- (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000.- (lima ratus juta rupiah).

PRAKATA

Manajemen rantai pasok adalah salah satu topik yang sangat populer di kalangan industri dan bisnis. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk merumuskan dan menerapkan berbagai konsep baru dalam penyelesaian permasalahan di sektor industri. Dalam perkembangannya, manajemen rantai pasok sudah menjadi salah satu pendekatan dalam perumusan kebijakan di berbagai sektor oleh pemerintah. Pembangunan sektor industri yang dirumuskan oleh pemerintah membutuhkan sebuah pendekatan yang tepat dan bernilai guna bagi semua pihak. Manajemen rantai pasok menjadi salah satu pendekatan yang dipilih.

Permasalahan yang dihadapi pemerintah saat ini adalah memperkuat penggunaan bioenergi sebagai sumber energi pengganti bahan bakar fosil. Biodiesel sebagai pengganti solar telah lama dikembangkan dan menjadi alternatif yang terus menerus diperkuat posisi tawarnya oleh pemerintah. Buku ini mengangkat salah satu persoalan pengembangan industri biodiesel dengan bahan baku minyak goreng bekas. Fokus pembahasan pada jaringan rantai pasok biodiesel dari minyak goreng bekas di Kota Padang dengan mempertimbangkan pelaku yang terlibat di sepanjang rantai pasok. Pendekatan yang digunakan berupaya memahami proses aliran dan perpindahan barang dari tahap bahan mentah sampai pada konsumen akhir. Hasil dari pemahaman adalah jaringan rantai pasok yang dievaluasi menggunakan sistem dinamis untuk menggambarkan keadaan sistem secara lebih spesifik dari waktu ke waktu.

Perancangan model jaringan rantai pasok biodiesel dilakukan dengan memperhatikan peran pemangku kepentingan. Kemudian, dirancang kerangka kerja dari jaringan rantai pasok biodiesel dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jaringan rantai pasok. Penentuan lokasi dari masing-masing pemangku

kepentingan diperlukan beserta kegiatan transportasi yang dilakukan dari agen ke pabrik maupun dari pabrik ke *distribution centers* dan terminal BBM Teluk Kabung. Hasilnya adalah rancangan jaringan rantai pasok biodiesel di Kota Padang dengan dua alternatif. Analisis dan evaluasi terhadap kedua alternatif dilakukan menggunakan teknik simulasi.

Buku ini ditulis berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada tahun 2013 dan selesai pada 2014. Tentunya hasil penelitian dan pemikiran yang diuraikan dalam buku ini sangat bermanfaat sebagai referensi karena membahas secara spesifik persoalan manajemen rantai pasok. Teknik analisis dan kedalaman pembahasan sangat membantu para pembaca untuk menjadikan buku ini sebagai salah satu referensi di bidang manajemen rantai pasok, pemodelan sistem dan simulasi sistem. Sistematika penulisan buku ini ditulis dengan sangat terstruktur dengan harapan pembaca dapat memahami dengan baik pola pikir dan kontekstual pembahasan. Penyajian isi buku melalui beberapa bagian, yaitu pendahuluan, manajemen rantai pasok, pemodelan sistem, analisis rantai pasok, jaringan rantai pasok, pembahasan dan evaluasi sistem serta diakhiri dengan rekomendasi dan implikasi kebijakan.

Harapan dari penerbitan buku ini adalah menjadi referensi bagi para peneliti, akademisi dan mahasiswa yang sedang mempelajari strategi rantai pasok dan sistem logistik. Semoga bermanfaat.

Rika Ampuh Hadiguna
Doni Putra

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Urgensi Biodiesel	1
1.2 Permasalahan dan Tujuan	5
1.3 Kebaruan, Lingkup dan Manfaat	6
BAB II MANAJEMEN RANTAI PASOK	9
2.1 Pengertian dan Konsep Dasar	9
2.2 Sistem Rantai Pasok Agroindustri	13
2.3 Model-model Rantai Pasok Agroindustri	17
BAB III PEMODELAN SISTEM	21
3.1 Karakterisasi Sistem	21
3.2 Pengumpulan Data dan Analisis	23
3.3 Penerapan Sistem Dinamis	25
3.4 Tahapan Perancangan Rantai Pasok	25
BAB IV ANALISIS RANTAI PASOK	39
4.1 Geografis dan Potensi Permintaan	39
4.2 Penentuan Pemangku Kepentingan (<i>Stakeholder</i>)	45
4.3 Komponen-komponen Rantai Pasok Biodiesel	51
4.4 Formulasi Matematik	58

BAB V	JARINGAN RANTAI PASOK	67
5.1	Model Jaringan	67
5.2	Model Simulasi	73
5.3	Verifikasi dan Validasi	77
BAB VI	PEMBAHASAN DAN EVALUASI SISTEM	81
6.1	Operasional Jaringan Rantai Pasok	81
6.2	Hasil Simulasi	83
6.3	Faktor-Faktor Keberhasilan Jaringan Rantai Pasok	93
BAB VII	REKOMENDASI DAN IMPLIKASI	95
7.1	Rekomendasi	95
7.2	Implikasi	98
DAFTAR PUSTAKA		99
INDEX		104

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Urgensi Biodiesel

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari. Eksplorasi minyak bumi secara terus menerus menyebabkan cadangan minyak bumi menjadi menipis dan suatu saat akan habis, sedangkan kebutuhan akan energi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan buku statistik ekonomi dan energi Indonesia tahun 2012, cadangan minyak Indonesia terus menurun dari tahun 1985 tercatat jumlah cadangan minyak sekitar 9,2 milyar barrel, tahun 2000 turun menjadi 5,1 milyar barrel, dan pada tahun 2012 berkurang menjadi 3,74 milyar barrel. Sedangkan produksi minyak mentah Indonesia perharinya juga terus menurun dari tahun 1998 dengan produksi mencapai 1,52 juta barrel per hari (bph), tahun 2005 produksi minyak mentah sekitar 1,07 juta bph (Elviyanti, 2007). Tahun 2011 produksi minyak nasional hanya sekitar 0,902 juta barrel per hari meskipun ada penambahan ladang minyak blok Cepu yang telah beroperasi sejak tahun 2008, sedangkan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) dalam negeri pada tahun 2011 mencapai 1,95 juta bph sehingga terjadi defisit dan harus mengimpor minyak dari Negara lain untuk memenuhi kebutuhan minyak dalam negeri.

Buku statistik ekonomi dan energi Indonesia tahun 2012 menjelaskan kebutuhan energi nasional juga semakin meningkat berdasarkan kebutuhan energi tahun 2003 mencapai 799.926 ribu *Barrel Oil Equivalent* (BOE), tahun 2011 menjadi 1.114.767 ribu BOE, sedangkan pada tahun 2015 diperkirakan menjadi 1.172.155 ribu BOE. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia mengatakan bahwa tingkat ketergantungan Indonesia dari bahan bakar minyak masih tinggi sekitar 38,9% dari total kebutuhan energi nasional tahun 2011 (lihat Tabel 1.1)

Tabel 1.1 Persentase Pemakaian Total Energi Nasional Tahun 2011

No	Konsumsi Energi Berdasarkan Tipe	Jumlah Konsumsi Energi (Ribuan BOE)	Persentase Pemakaian
1	Biomass	280,050.00	25.12%
2	Batubara	144,567.00	12.97%
3	Gas Alam	121,234.00	10.88%
4	Minyak Bumi	363,827.00	32.64%
5	Produk Minyak Bumi Lainnya	69,978.00	6.28%
6	Briquette	66.00	0.01%
7	LPG	37,046.00	3.32%
8	Listrik	97,998.00	8.79%
Total		1,114,766.00	100%

(Sumber: Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2012)

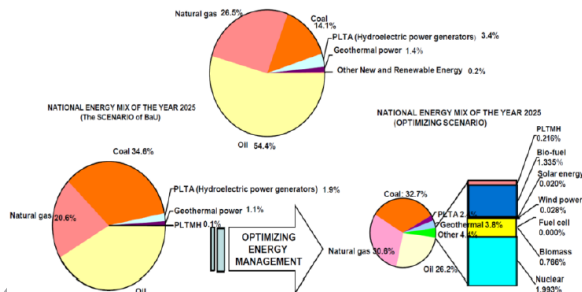
Untuk itu, diperlukan suatu usaha diversifikasi sumber energi yang ramah lingkungan dengan memproduksi energi terbarukan (*renewable energy*) yang dapat menjamin pasokan kebutuhan energi nasional. Selain itu, penghematan pemakaian minyak bumi sebagai sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy*) juga harus dilakukan oleh semua pihak. Dalam situasi seperti ini, alternatif sumber energi terbarukan perlu dipertimbangkan yaitu biodiesel yang telah menjadi perhatian serius pemerintah selama ini.

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang prospektif dan bersumber dari minyak tumbuhan, lemak binatang atau minyak goreng bekas melalui proses transesterifikasi menggunakan alkohol yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti solar karena kemiripan karakteristiknya. Selain itu, biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable*), mudah diproses, harganya relatif stabil, tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan serta mudah terurai secara alami (Wijaya 2013).

Akibat ketergantungan akan kebutuhan bahan bakar yang semakin meningkat terhadap penggunaan minyak bumi, pemerintah Republik Indonesia berupaya menekan hal tersebut diantaranya mengeluarkan Inpres No. 10 tahun 2005 mengenai penghematan penggunaan energi, Inpres No. 1 tahun 2006 mengenai penyediaan dan pemamfaatan bahan bakar nabati dan Perpres No. 5 tahun 2006 mengenai kebijakan

energi nasional. Melalui Kementerian ESDM pada tahun 2007, pemerintah mengeluarkan cetak biru pengelolaan energi nasional yang ditargetkan dicapai pada tahun 2025 seperti terdapat pada Gambar 1.1. Salah satunya adalah rencana peningkatan penggunaan berbagai energi alternatif untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) fosil. Cetak biru memuat peta jalan pengelolaan energi yang menjelaskan bahwa tahun 2005–2009 menjadikan produksi biodiesel pada level 2% dari jumlah kebutuhan solar atau sebesar 0,72 juta kiloliter dengan kebutuhan solar untuk industri sebesar 6 juta kiloliter/tahun. Tahun 2010–2015 ditargetkan 3% dari solar atau 1,5 juta kiloliter, dan pada tahun 2016–2015 ditargetkan menjadi 5% dari solar atau 4,7 juta kiloliter. Sejak tahun 2006, PT Pertamina telah mengeluarkan produk bahan bakar yang diberi nama biosolar. Bahan pembuat biosolar ini merupakan solar yang dicampur dengan 5% biodiesel atau lebih dikenal dengan istilah B5 (5% biodiesel dicampur dengan 95% solar). Pemerintah terus menempatkan peran strategis biodiesel melalui Peraturan Menteri ESDM No. 25 tahun 2013, mulai Januari 2014 persentase campuran biodiesel ditetapkan menjadi 10% dan akan terus ditingkatkan menjadi 25% pada Januari 2025.

Berdasarkan target jumlah produksi yang telah ditetapkan oleh pemerintah, biodiesel berpotensi yang sangat bagus untuk dikembangkan kedepannya. Hal ini didukung oleh potensi keanekaragaman tumbuhan di Indonesia yang dapat diolah menjadi sumber energi terbarukan seperti minyak nabati, jarak, dan lainnya. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar biodiesel adalah minyak goreng dari kelapa sawit.



Gambar 1.1 Bauran Energi Nasional Tahun 2025

(Sumber: Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2012)

Minyak goreng merupakan salah satu dari sembilan kebutuhan pokok yang sering digunakan untuk mengolah bahan pangan dalam kehidupan sehari-hari. Setelah digunakan, minyak goreng akan mengalami perubahan dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak goreng bekas mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan. Perubahan sifat ini menjadikan minyak goreng tersebut tidak layak lagi digunakan sebagai bahan makanan, apabila terus digunakan dapat menimbulkan permasalahan yang cukup serius bagi kesehatan. Salah satu efek yang dapat ditimbulkan yaitu dapat mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan menimbulkan berbagai macam penyakit, misalnya diareha, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, kanker dan menurunkan nilai cerna lemak (Ketaren, 1986). Oleh karena itu, minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) menjadi barang buangan atau limbah yang dihasilkan industri penggorengan seperti usaha gorengan, restoran, rumah makan, restoran cepat saji (*fastfood*), hotel dan usaha lainnya. Hal ini seiring dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 tahun 2010, yang mengharuskan pengelola industri penggorengan mengolah limbah minyak goreng sebelum dibuang menjadi air limbah yang tidak melampaui baku mutu air limbah untuk proses basah 0,025 kg/ton, dan untuk proses keringnya 0,03 kg/ton. Untuk meminimalisasi akibat yang ditimbulkan, salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah mengolah minyak goreng bekas menjadi biodiesel (*biofuel*) yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif terbarukan (*renewable energy*) pengganti dari ketergantungan dengan minyak bumi.

Potensi minyak goreng bekas cukup besar di Kota Padang. Luas sekitar 694,96 km² dan jumlah penduduk pada tahun 2012 sebesar 844.316 jiwa yang tersebar ke dalam 11 kecamatan dan 104 kelurahan ini memiliki potensi yang besar untuk melakukan pengembangan biodiesel yang berbahan dasar minyak goreng bekas atau minyak jelatah. Hal ini dapat dilihat dari jumlah potensial minyak goreng bekas yang dihasilkan dalam satu hari di Kota Padang yang diperkirakan mencapai 8.326 kg seperti yang terdapat pada Tabel 1.2. Hal ini juga ditunjang oleh kebiasaan penduduk Kota Padang yang kebanyakan orang minangkabau dan menyukai masakan gorengan. Dan juga ditunjang Kota Padang merupakan kota pariwisata yang memiliki berbagai fasilitas seperti hotel, rumah makan, *fastfood* dan restoran yang setiap hari mengkonsumsi minyak goreng sehingga menghasilkan minyak goreng bekas.

Tantangan dari minyak goreng bekas adalah penyalahgunaan dengan mendaur ulang minyak goreng bekas untuk dijual kembali. Tentunya mengkonsumsi minyak goreng bekas sangat berbahaya bagi kesehatan. Kebijakan memanfaatkan minyak goreng bekas menjadi biodiesel sebagai bahan bakar alternatif di Kota Padang sangat penting. Hal ini dilakukan agar minyak goreng bekas tidak menjadi limbah cair yang dapat mencemari lingkungan dan mengurangi resiko yang ditimbulkan apabila minyak goreng bekas tersebut dikonsumsi kembali.

Tabel 1.2 Jumlah Potensial Minyak Goreng Bekas per Hari di Kota Padang

No	Sumber	Volume Minyak Goreng Bekas per Hari (kg)	Persentase
1	Rumah Tangga	7.533	90,48
2	Hotel	260	3,12
3	Fastfood	225	2,70
4	Rumah Makan	308	3,70
	Total	8.326	100

(Sumber: Diolah dari observasi lapang tahun 2013)

Pemanfaatan minyak goreng bekas membutuhkan sebuah pendekatan yang memperhatikan para pemangku kepentingan. Manajemen rantai pasok menjadi pendekatan yang relevan untuk diterapkan karena aliran bahan, aliran informasi dan aliran uang dapat dikelola secara terpadu di sepanjang rantai pasok. Wujud dari manajemen rantai pasok adalah penciptaan sebuah sistem rantai pasok biodiesel dari minyak goreng bekas. Sistem rantai pasok ini adalah sebuah jaringan rantai pasok biodiesel untuk pendistribusian minyak goreng bekas dari pemasok yang berada di berbagai tempat di Kota Padang sampai penjualan biodiesel kepada konsumen yang ditargetkan di Kota Padang.

1.2 Permasalahan dan Tujuan

Rancangan sistem rantai pasok biodiesel dari minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) dan kelembagaan yang terlibat dari sistem rantai pasok biodiesel di Kota Padang. Pemanfaatan minyak goreng bekas

dan pengolahannya menjadi biodiesel membutuhkan pengelolaan terpadu dari aliran bahan, aliran informasi dan aliran uang. Semua aliran tersebut akan melibatkan pihak-pihak seperti konsumen minyak goreng, pengepul minyak goreng bekas, pengolah biodiesel, Pertamina dan konsumen biodiesel. Masing-masing pihak punya peran dan kepentingan yang berbeda-beda. Hal ini yang menciptakan permasalahan bagaimana sistem rantai pasok biodiesel dengan mempertimbangkan kepentingan semua pihak terkait.

Studi ini membahas rancangan sistem rantai pasok biodiesel berdasarkan pelaku yang terlibat di dalam sistem. Teknik simulasi diterapkan untuk menilai sistem rantai pasok dan menganalisis faktor-faktor yang memberi pengaruh nyata terhadap keberhasilan penerapan sistem rantai pasok yang diusulkan. Sistem rantai pasok usulan dapat menjadi sebuah model kebijakan bagi pemerintah Kota Padang dalam pemanfaatan minyak goreng bekas untuk menjadi kota mandiri energi dan proyek percontohan pengelolaan limbah menjadi sumber energi terbarukan. Isu biodiesel sudah menjadi kebijakan nasional tetapi banyak pemerintah daerah belum mampu menerapkan dan membangun model rantai pasok bioenergi. Disamping itu, teknologi proses pengolahan biodiesel dari minyak goreng bekas sudah dikembangkan tetapi pemanfaatan secara sistemik melalui kebijakan sistem rantai pasok belum dilakukan.

1.3 Kebaruan, Lingkup dan Manfaat

Pembahasan rantai pasok biodiesel menjadi perhatian beberapa peneliti diantaranya Leão *et. al.* (2011) tentang optimasi rantai pasok biodiesel dari minyak jarak di Brazil, Labordena *et. al.* (2012) memetakan rantai pasok biodiesel di Swedia, Salazar *et. al.* (2012) membahas rantai pasok biodiesel minyak jarak di Kolombia, Leiras *et. al.* (2008) membahas rantai pasok biodiesel di Brazil untuk bahan baku dari jarak, kelapa, kedelai dan *cotton*. Avami (2012) menetapkan parameter-parameter tekno ekonomi pada rantai pasok biodiesel di Iran, Yonga *et. al.* (2012) membahas pemanfaatan minyak goreng bekas untuk biodiesel di Cina dengan perspektif rantai pasok. Posisi studi yang dibahas dalam buku ini mengambil dua posisi yaitu rancangan jaringan rantai pasok dan simulasi prediksi nilai ekonomi dari rantai pasok untuk memenuhi cetak biru penerapan bahan bakar nabati di Indonesia. Rantai pasok dirancang dengan mempertimbangkan

aspek sosial kemasyarakatan sebagai salah satu pelaku dari sistem rantai pasok. Kebaruan pembahasan ini adalah rancangan jaringan rantai pasok, keterlibatan masyarakat sebagai agen rantai pasok, pemenuhan kebijakan cetak biru energi nasional 2025 dan penerapan teknik simulasi dinamis sebagai teknik penyelesaian.

Beberapa makalah terkait yang membahas sistem rantai pasok beserta pendekatan yang digunakan menjadi pertimbangan dalam membangun jaringan rantai pasok biodiesel dari minyak goreng bekas. Hadiguna *et. al.* (2009) telah merumuskan lingkup kajian rantai pasok berdasarkan beberapa aspek. Lingkup yang ditetapkan dalam kajian ini adalah yaitu: (1) persediaan, (2) produksi, (3) lokasi, (4) transportasi/ distribusi, (5) analitik, (6) heuristik (7) simulasi. Hubungan kebaruan dan lingkup kajian ini dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Kebaruan dan Lingkup Pembahasan

No	Referensi	Komponen Rantai Pasok				Teknik		
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Leiras <i>et. al.</i> (2008)		√		√		√	
2.	Leão <i>et. al.</i> (2011)	√	√	√	√	√		
3.	Labordena <i>et. al.</i> (2012)		√					√
4.	Salazar <i>et. al.</i> (2012)	√	√		√		√	
5.	Avami (2012)		√		√	√		
6.	Yonga <i>et. al.</i> (2012)		√				√	
7.	Kajian ini	√	√	√	√			√

Ada dua hasil kajian yang bermanfaat bagi Pemerintah Kota Padang, yaitu jaringan rantai pasok terbaik dan prediksi keekonomian dari rantai pasok biodiesel selama 2015-2025. Manfaat kajian ini bersifat strategis dan menjadi naskah akademik bagi perumusan kebijakan pemanfaatan minyak goreng bekas yang sangat besar potensinya di Kota Padang untuk diolah menjadi biodiesel. Kajian ini juga menjadi terobosan baru dalam penerapan teknologi proses biodiesel dalam skala industri menengah.

BAB II

MANAJEMEN RANTAI PASOK

2.1 Pengertian dan Konsep Dasar

Rantai pasok dengan manajemen rantai pasok adalah dua istilah yang memiliki pengertian berbeda. Rantai pasok adalah jaringan perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir (Pujawan 2005). Suatu perusahaan yang masih ingin beroperasi dan berkompetisi dalam dunia bisnis tidak akan bisa lepas dari kebutuhan untuk memahami konsep-konsep rantai pasok. Perusahaan yang kompetitif di pasaran adalah perusahaan yang berhasil menerapkan strategi rantai pasok yang efektif dan efisien.

Istilah Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) dipopulerkan pertama kalinya pada tahun 1982 sebagai pendekatan manajemen persediaan yang menekankan pada pasokan bahan baku. Pada tahun 1990-an isu manajemen rantai pasok telah menjadi agenda para manajemen senior sebagai kebijakan strategis perusahaan. Para manajer senior menyadari bahwa keunggulan daya saing perlu didukung oleh aliran barang dari hulu dalam hal ini pemasok hingga hilir dalam hal ini pengguna akhir secara efisien dan efektif. Tentunya ada beberapa tahapan yang harus dilalui oleh aliran barang dari hulu hingga hilir, yaitu pemasok bahan baku, pabrik, distribusi, retail dan konsumen akhir. Aliran barang ini menciptakan aliran informasi dan aliran uang.

Menurut Pujawan (2005), aliran barang yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*) seperti pengiriman bahan baku dari pemasok ke pabrik untuk diproduksi nantinya, kemudian produk yang dihasilkan oleh pabrik tersebut akan dikirimkan ke distributor, selanjutnya distributor akan mengirimkan ke pengecer atau pengecer,

dan berakhir ke pemakai akhir atau konsumen. Aliran yang kedua adalah aliran uang dan sejenisnya dari hilir ke hulu. Aliran informasi merupakan aliran yang terjadi dari hulu ke hilir dan sebaliknya. Distributor maupun pabrik membutuhkan informasi tentang persediaan produk yang masih ada pada masing-masing pasar. Pabrik membutuhkan informasi ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki oleh pemasok.

Manajemen rantai pasok merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mencapai pengintegrasian yang efisien dari pemasok, manufaktur, distributor, pengecer dan pelanggan sehingga barang dagang dapat diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, pada lokasi yang tepat, pada waktu yang tepat, dengan tujuan mencapai biaya dari sistem secara keseluruhan yang minimum dan juga mencapai tingkat pelayanan yang diinginkan. Pengertian atau definisi dari rantai pasok dan manajemen rantai pasok oleh para ahli dikuotasi sebagai berikut:

1. Chopra and Meindl (2013)

"A supply chain is all stages involved, directly or indirectly, in fulfilling a customer request includes manufacturers, suppliers, transporters, warehouses, retailers, and customers".

2. Vorst et. al. (2007)

"A supply chain as a sequence of (decisionmaking and execution) processes and (material, information and money) flows that aim to meet final customer requirements, that take place within and between different stages along a continuum, from production to final consumption".

3. Pujawan (2005)

"Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir".

4. Chopra and Meindl (2013)

"Supply Chain Management is the management of flows between and among supply chain stages to maximize total supply chain profitability".

5. Vorst et. al. (2007)

"Supply Chain Management is the integrated planning, implementation, coordination and control of all business processes

and activities necessary to produce and deliver, as efficiently as possible, products that satisfy market requirements”.

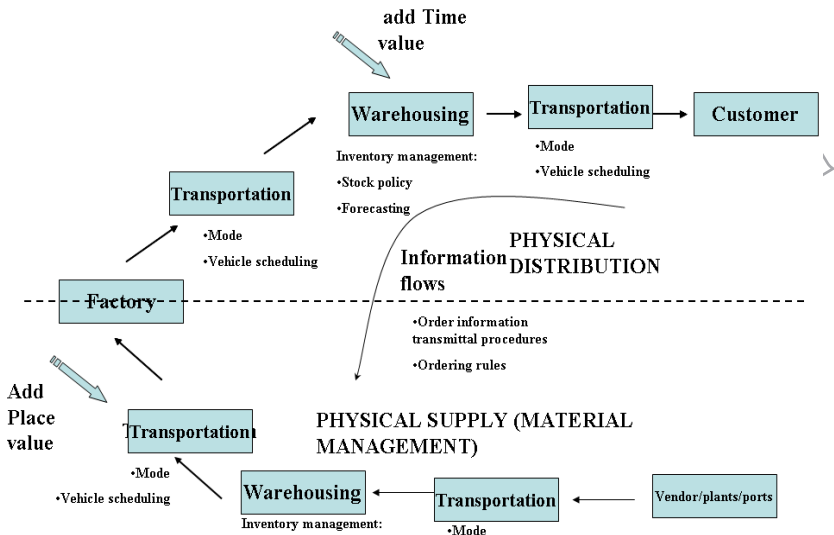
6. Pujawan (2005)

“Supply Chain Management adalah metode, alat, atau pendekatan pengelolaan rantai pasok”.

7. Simchi-Levi et. al. (2000)

“Supply Chain Management is a set of approaches utilized to efficiently integrate suppliers, manufacturer, warehouses, and stores, so that merchandise is produced and distributed at the right quantities, to the right locations and at the right time, in order to minimize systemwide costs while satisfying service level requirements”.

Manajemen rantai pasok meliputi semua aktivitas yang berhubungan dengan aliran dan perpindahan barang dari tahap bahan mentah sampai pada konsumen akhir, semua aktivitas ini juga meliputi aktivitas yang berhubungan dengan aliran informasi dan uang. Aktivitas-aktivitas yang terjadi di sepanjang rantai pasok dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model Manajemen Rantai Pasok (Sumber: Ballou, 2004)

Ada beberapa pelaku utama yang merupakan perusahaan-perusahaan yang mempunyai kepentingan yang sama (Chopra dan Meindl, 2013), yaitu:

1. Para pemasok, yaitu sumber yang menyediakan bahan pertama, dimana mata rantai pasok barang akan dimulai atau disebut juga sebagai mata rantai yang pertama.
2. Manufaktur adalah pelaku yang memproses bahan baku menjadi produk yang direncanakan dan mempunyai potensi untuk melakukan penghematan. Misalnya, penghematan persediaan bahan baku, bahan setengah jadi, dan bahan jadi.
3. Distributor adalah penyalur barang ke pelanggan dalam jumlah besar dan pada waktunya nanti pedagang besar menyalurkan dalam jumlah yang lebih kecil kepada pengecer.
4. *Retail Outlets* adalah pedagang besar yang biasanya mempunyai fasilitas gudang sendiri atau dapat menyewa dari pihak lain. Gudang ini digunakan untuk menimbun barang sebelum disalurkan kepada pengecer. Potensi penghematan adalah persediaan dan biaya gudang dengan cara melakukan desain kembali pola-pola pengiriman barang baik dari gudang manufaktur maupun ke toko pengecer.
5. Pelanggan adalah pembeli atau pengguna barang. *Outlets* adalah tempat dimana pembeli akhir melakukan pembelian. Mata rantai pasok berhenti setelah barang diterima pemakai langsung yang dikenal dengan istilah *end user*.

Menurut Pujawan (2005), ada dua tantangan yang harus dihadapi dalam mengelola rantai pasok, yaitu struktur rantai pasok yang kompleks dan ketidakpastian. Banyak pihak yang terlibat dalam sebuah rantai pasok dan memiliki kepentingan yang berbeda-beda serta berkemungkinan saling bertentangan. Ketidakpastian dapat menimbulkan ketidakpercayaan diri terhadap rencana yang telah dibuat. Ada tiga klasifikasi utama dari ketidakpastian pada rantai pasok, yaitu ketidakpastian permintaan, ketidakpastian dari pemasok, seperti *lead time*, harga bahan baku, kualitas dan kuantitas barang yang dikirim, ketidakpastian internal, seperti kerusakan mesin, konflik tenaga kerja, dan lainnya.

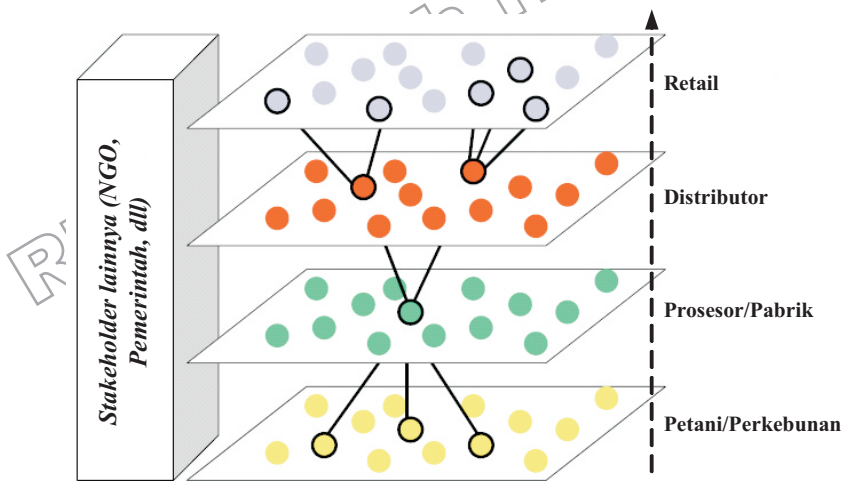
2.2 Sistem Rantai Pasok Agroindustri

Perkembangan manajemen rantai pasok juga sudah menjadi perhatian para pelaku agroindustri. Praktiknya dikenal dengan istilah manajemen rantai pasok agroindustri. Menurut Austin (1981), agroindustri adalah pusat dari rantai pertanian yang penting mempelajari rantai tersebut mulai dari areal pertanian hingga pasar. Agroindustri membutuhkan pasokan bahan baku yang berkualitas dan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan. Menurut Brown (1994) untuk mendapatkan pasokan bahan baku yang berkualitas maka diperlukan standar dasar komoditas, sedangkan kuantitas pasokan perlu memperhatikan produktivitas tanaman. Cakupan agroindustri yang cukup luas dan kompleks menjadi sangat menarik untuk dipelajari oleh para peneliti dibidang manajemen rantai pasok.

Rantai pasok agroindustri secara sederhana adalah rangkaian kegiatan pasokan dan pemrosesan yang menggunakan bahan baku dari hasil pertanian. Negara-negara yang mempunyai potensi pertanian tentunya berupaya untuk berhasil meningkatkan daya saing produk-produk hasil pertaniannya. Manajemen rantai pasok yang berpandangan holistik sangat tepat untuk dipraktikkan. Upaya penyeimbangan atau prinsip proposionalitas yang sangat diharapkan pada sistem pertanian modern dapat di capai melalui praktik manajemen rantai pasok. Hal ini dapat dilakukan karena definisi manajemen rantai pasok yang mengedepankan pemenuhan kepuasan para pemangku kepentingan. Dalam sistem rantai pasok pertanian, para pemangku kepentingan bisa terdiri dari dari petani, pedagang pengumpul, prosesor, distributor, pengecer, konsumen akhir dan pemerintah. Setiap pemangku kepentingan akan memiliki kepentingan yang berbeda-beda dan dipengaruhi pula oleh perubahan lingkungan bisnis. Cara pandang yang holistik dan tidak menghilangkan kompleksitas sangat penting diperhatikan.

Pada prinsipnya, rantai pasok agroindustri memiliki karakteristik dua tipe yaitu produk segar dan produk yang di proses. Produk segar misalnya saja sayuran, buah-buahan dan sejenisnya yang tidak membutuhkan proses pengolahan atau proses transformasi kimia. Sebaliknya, produk pertanian yang di proses membutuhkan proses transformasi kimia atau perubahan bentuk. Khusus untuk produk pertanian tipe ini akan melibatkan beberapa pemain diantaranya petani atau perkebunan, prosesor atau pabrik, distributor dan

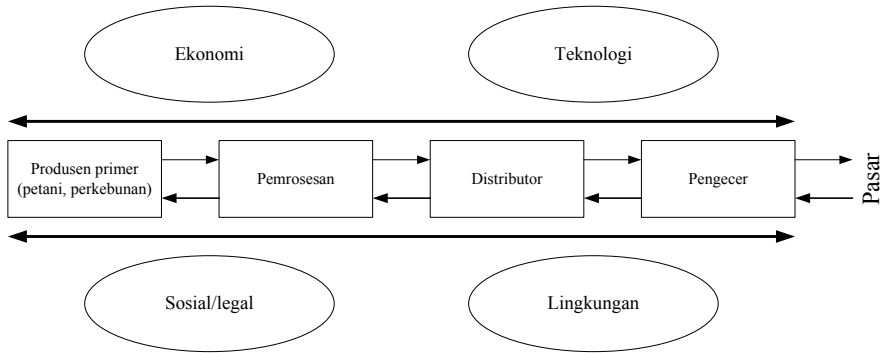
retail. Gambar 2.2 merupakan rantai pasok generik pada tingkat organisasi perusahaan dalam konteks jejaring rantai pasok pertanian menyeluruh. Setiap perusahaan diposisikan dalam sebuah lapisan jejaring dan keterlibatan minimal satu rantai pasok. Perlu dipahami bahwa dalam jejaring rantai pasok pertanian lebih dari satu rantai pasok dan lebih dari satu proses bisnis yang dapat diidentifikasi, bisa dalam satu waktu terjadi proses paralel dan sekuensial.



Gambar 2.2 Sistem Rantai Pasok Agroindustri (Sumber: Vorst 2004)

Sistem rantai pasok agroindustri tidak terlepas dari sistem yang lebih lengkap lagi. Dalam perspektif analitik, bauran antara produsen dan distributor akan dipengaruhi oleh faktor ekonomi, teknologi, sosial, legal dan lingkungan. Faktor-faktor ini akan saling berkomplementer dalam penciptaan sebuah sistem rantai pasok. Gambar 2.3 adalah skema perspektif analitik dari dimensi-dimensi yang berpengaruh. Dimensi ekonomi berhubungan dengan efisiensi rantai dalam perspektif manfaat biaya dan orientasi pelanggan. Peningkatan efisiensi dan profitabilitas dapat dilakukan sebuah unit bisnis melalui kerjasama pada kolom yang berkesesuaian. Dimensi lingkungan berhubungan dengan cara produksi yang ramah lingkungan. Hasil samping dari proses produksi komoditas pertanian dapat dimanfaatkan sebagai produk samping atau siklus ulang dari produk yang berkualitas jelek. Dimensi teknologi berhubungan dengan penerapan teknologi, sistem logistik, teknologi informasi dan komunikasi untuk memperbaiki kinerja. Dimensi sosial

dan legal berhubungan dengan norma-norma yang harus diikuti agar tidak merugikan banyak pihak (Ruben *et. al.* 2006).



Gambar 2.3 Perspektif Analitik dari Rantai Pertanian
(Sumber: Ruben *et. al.* 2006)

Kerjasama antara pelaku langsung dalam sistem rantai pasok agribisnis seperti petani, prosesor, pedagang dan pengecer tidaklah mudah. Ruben *et. al.* (2006) telah mengidentifikasi beberapa cara yang dapat dilakukan agar praktik manajemen rantai pasok mudah diterapkan dalam agribisnis. Pertama, cakupan kompleksitas harus diketahui sehingga keberlanjutan dapat terjamin. Sebuah sistem rantai pasok bisa saja berukuran besar dan sangat kompleks atau kecil dan sederhana. Semakin banyak pemangku kepentingan yang terlibat akan semakin meningkat kompleksitas dari sistem. Tingkat kompleksitas akan terlihat ketika proses pengambilan keputusan dilakukan. Konflik kepentingan akan terjadi sesuai dengan motif kebutuhan yang berbeda-beda dari pemangku kepentingan. Kedua, memulai dari industri sendiri. Tipe dasar rantai pasok telah memberikan pemahaman bahwa efektivitas rantai pasok internal akan berkontribusi pada rantai pasok eksternal dan rantai pasok total. Memulai dari rantai pasok internal adalah wujud praktik manajemen rantai pasok yang baik. Kumpulan rantai pasok internal yang telah efektif akan berintegrasi menjadi rantai pasok eksternal yang efektif pula. Rantai pasok internal harus berupaya meningkatkan daya saingnya berbasis kualitas, biaya, pengiriman dan pelayanan. Ketiga, pengorganisasian para petani. Kelangsungan kegiatan pemrosesan didalam agribisnis ditentukan para petani yang berperan sebagai pemasok bahan baku. Pengorganisasian para petani akan memberikan

jaminan kelancaran pasokan baik dari segi kualitas bahan, jumlah pasokan dan jadwal pasokan. Proses pengadaan bahan baku akan lebih mudah dengan adanya pengorganisasian tersebut. Keempat, struktur insentif terhadap para pelaku di sistem rantai pasok.

Nilai tambah yang diperoleh dalam rantai pasok diharapkan bisa dinikmati secara proporsional oleh para pelaku. Struktur insentif bisa berupa harga, bonus, pembagian biaya, mitigasi risiko, manfaat jangka pendek dan panjang. Kelima, transparansi informasi dalam setiap kegiatan. Permintaan yang berfluktuasi, harga yang tidak menentu dan ketersediaan bahan yang tidak dapat diprediksi akan meningkatkan risiko rantai pasok. Ketidakpastian bisa dikurangi melalui pertukaran informasi dari setiap tahapan rantai pasok. Umpan balik dari hilir rantai sebaiknya bisa diketahui juga di hulu rantai. Akurasi informasi akan meningkatkan kualitas perencanaan dan efisiensi pengambilan keputusan. Terakhir, pertukaran pengalaman antara pelaku rantai pasok. Hal ini berhubungan dengan transfer teknologi dan pengetahuan yang dibutuhkan salah satu pihak. Sesama pemasok yang tergabung dalam kemitraan yang sama pada sebuah agroindustri bisa berbagi pengalaman. Cara pandang ini dikenal dengan istilah *co-opetition* atau *cooperation and competition*.

Pengelolaan rantai pasok agroindustri modern akan memperhatikan indikator kinerja yang menjadi obyektif dari setiap pelaku rantai pasok yang terlibat. Indikator kinerja dapat dikategoriasi menjadi tiga tingkatan yaitu jejaring rantai pasok, organisasi proses. Kinerja rantai pasok adalah derajat kemampuan memenuhi kebutuhan pengguna akhir (*end user*) dan pemangku kepentingan terhadap indikator kinerja disetiap unit waktu atau periode. Indikator kinerja akan menjadi obyektif yang ingin dicapai. Vorst (2006) merumuskan indikator kinerja rantai pasok agroindustri pangan yang bisa dijadikan acuan untuk agroindustri secara umum. Tabel 1 adalah ringkasan dari indikator kinerja dan penjelasannya untuk setiap tingkatan. Tingkatan yang dimaksudkan adalah jejaring rantai pasok, organisasi dan proses. Jejaring rantai pasok adalah unit-unit bisnis yang terlibat dalam rantai, organisasi adalah unit bisnis individual dan proses adalah kegiatan dari didalam unit bisnis untuk transformasi bahan.

Tabel 2.1 Indikator Kinerja Rantai Pasok Setiap Tingkatan

Tingkatan	Indikator kinerja	Penjelasan
Jejaring rantai pasok	Ketersediaan produk	Selalu tersedia saat dibutuhkan
	Kualitas produk	Sisa umur hidup produk
	<i>Responsiveness</i>	Waktu siklus pesan rantai pasok
	Keandalan pengiriman	Waktu siklus pesan rantai pasok
	Total biaya rantai pasok	Jumlah seluruh biaya-biaya organisasi didalam rantai pasok
Organisasi	Tingkat persediaan	Jumlah produk di penyimpanan
	Waktu throughput	Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan rantai proses bisnis
	<i>Responsiveness</i>	Waktu anjang dan fleksibilitas
	Keandalan pengiriman	Persentase pengiriman tepat waktu dan jumlah yang tepat
	Total biaya organisasi	Jumlah biaya seluruh proses didalam organisasi
Proses	Waktu throughput	Waktu yang dibutuhkan mengerjakan proses
	<i>Responsiveness</i>	Fleksibilitas proses
	Hasil proses	Luaran proses
	Biaya proses	Biaya yang dikeluarkan saat proses bekerja

2.3 Model-model Rantai Pasok Agroindustri

Khusus di bidang manajemen rantai pasok agroindustri atau pertanian, perkembangan beberapa penelitian yang telah dilakukan menyebar ke berbagai jenis komoditas maupun agroindustri. Philpott dan Everett (2001) mengembangkan model rantai pasok agroindustri kertas di Australia dan menghasilkan sebuah sistem penunjang keputusan yang diberi nama *Paper Industry Value Optimisation Tools* (PIVOT). Model yang dihasilkan hanya fokus pada optimasi pasokan dan produksi kertas tetapi tidak membahas aspek risikonya. Kelebihan model yang dihasilkan adalah memasukkan biaya investasi tahunan untuk penambahan kelompok mesin yang berperan dalam peningkatan volume produksi sehingga dapat memenuhi permintaan pelanggan. Hasil penelitian ini bermanfaat dalam pemodelan rantai pasok minyak sawit kasar karena mempunyai kemiripan dalam operasional rantai pasoknya.

Wouda *et. al.* (2002) mengembangkan model rantai pasok susu di Hungaria yakni sebuah perusahaan yang memproduksi 300 jenis produk dengan jumlah pabrik yang cukup banyak. Formulasi matematik menggunakan progama linier bulat campuran dengan obyektif minimisasi total biaya sistem. Keunggulan dari pendekatan ini adalah perumusan beberapa skenario untuk membandingkan kondisi saat ini dengan usulan sehingga didapat kondisi terbaik bagi perusahaan. Penentuan biaya produksi yang dirumuskan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam perumusan biaya unit dalam rantai nilai minyak sawit kasar dari bahan baku hingga produk jadi.

Milan *et. al.* (2006) menggunakan program linier bulat campuran untuk memodelkan sistem transportasi agroindustri tebu gula di Kuba yang menggunakan kereta. Optimasi ditujukan untuk mempertemukan kelancaran transportasi dan jadwal panen sehingga bisa mengurangi biaya transportasi. Berbeda dengan Grunow *et. al.* (2007) yang menggunakan program linier bulat campuran untuk agroindustri gula Central El Palmar di Venezuela yang fokus pada perencanaan kultivasi dan jadwal panen dengan sistem transportasi truk. Gigler *et. al.* (2002) juga mengembangkan model program dinamis rantai pasok untuk bahan bakar biomassa yang menekankan pada penentuan rute transportasi bahan baku hingga pengiriman produk jadi dengan mempertimbangkan pengaruh kualitas. Model ini ingin mendapatkan keputusan yang harus diambil oleh setiap aktor terhadap proses dari rantai pasok. Penelitian ini fokus pada transportasi bahan baku dari kebun ke pengolahan. Studi kasus yang dibahas sangat kompleks tetapi teknik pemodelan transportasinya dapat diterapkan dalam kasus transportasi hasil panen tandan buah segar dari kebun ke pabrik pengolahan kelapa sawit.

Widodo *et. al.* (2006) membangun model perencanaan panen untuk pengiriman ke pasar dengan menjaga kesegaran produk. Penyelesaian menggunakan algoritma yang didasarkan pada model-model dasar yang dihasilkan dengan obyektif maksimisasi jumlah permintaan disetiap periode. Burer *et al.* (2007) mengembangkan model keputusan koordinasi rantai pasok bibit sehingga dapat menentukan kuantitas pesanan gabungan antara pemasok dan pengecer. Penelitian ini fokus pada peran penting koordinasi antar unit rantai pasok sehingga kegiatan pasokan dapat memenuhi jadwal dan jumlah yang telah ditentukan. Ruben *et al.* (2007) membahas biaya transaksi rantai pasok sayuran segar untuk supermarket di Thailand

dan Cina. Penelitian ini juga menekankan pada pentingnya koordinasi dengan ukuran biaya transaksi. Koordinasi memang dibutuhkan dalam manajemen rantai pasok sehingga keunggulan nilai dan produktivitas dapat dicapai. Konsep yang digunakan dalam penelitian sebelumnya ini dapat digunakan dalam membangun model yang memperhatikan aspek nilai produk dan produktivitas dalam rantai pasok minyak sawit kasar.

Vorst *et. al.* (2000) dan Zee dan Vorst (2005) menerapkan teknik simulasi dalam menganalisis rantai pasok bahan pangan dan mengevaluasi beberapa alternatif rancangan skenario menggunakan simulasi kejadian diskrit untuk sistem rantai pasok eselon majemuk di Belanda. Model simulasi melibatkan variabel-variabel dari level strategis dan operasional, indikator kinerja dan entitas bisnis dari sistem. Djohar *et. al.* (2003) juga menggunakan teknik simulasi dalam manajemen rantai pasok agroindustri minyak sawit kasar pada perusahaan perkebunan swasta di Riau dengan sumber pasokan kebun sendiri. Teknik-teknik yang digunakan adalah regresi tunggal untuk pola pasokan tandan buah segar, rata-rata bergerak untuk prakiraan permintaan minyak sawit kasar, dan selanjutnya dirangkai kedalam model simulasi. Penelitian-penelitian ini lebih menekankan pada model penunjang keputusan untuk menganalisis skenario tetapi model yang dihasilkan belum membahas aspek biaya.

Yandra *et. al.* (2007) mengembangkan model matematik obyektif majemuk yaitu total biaya rantai pasok dan jumlah produk yang rusak untuk agroindustri biodiesel. Kelebihan model adalah penggunaan obyektif majemuk yang saling konflik. Formulasi matematik yang dikembangkan ini diselesaikan menggunakan integrasi algoritma genetika obyektif majemuk dan logika fuzzy. Teknik pemodelan dan penyelesaian model dapat diterapkan dalam menyelesaikan model rantai pasok minyak sawit kasar yang menggunakan dua obyektif.

BAB III

PEMODELAN SISTEM

3.1 Karakterisasi Sistem

Sistem rantai pasok adalah salah satu tipe sistem yang kompleks. Ciri-ciri dari sebuah sistem yang kompleks adalah ketidakpastian tinggi, dipengaruhi oleh waktu, melibatkan banyak pihak dan konflik kepentingan. Ketidakpastian tinggi adalah situasi yang tidak diketahui sehingga harus diprediksi. Pengaruh waktu dikenal dengan dinamis, yaitu situasi yang selalu berubah-ubah mengikuti waktu. Keterlibatan banyak pihak adalah berbagai pihak yang ikut serta atau dipengaruhi oleh keberadaan sistem yang biasa dikenal dengan istilah pemangku kepentingan. Konflik kepentingan bermakna tujuan dari setiap pihak yang berbeda sehingga memicu *trade off*.

Sistem rantai pasok biodiesel dapat dirancang dan dianalisis dengan memandangnya sebagai sebuah sistem yang kompleks. Tiga kondisi yang dipersyaratkan sebagai sistem kompleks sudah terpenuhi. Penyelesaiannya dapat dilakukan dalam dua tahap pokok. Perancangan dan analisis sistem rantai pasok biodiesel membutuhkan tahap pemahaman sistem nyata dan tahap konseptualisasi sistem formal menjadi model. Pemahaman sistem nyata dilakukan dengan observasi terhadap potensi biodiesel yang berasal dari minyak goreng bekas yang ada di Kota Padang. Observasi dilakukan melalui kunjungan dan wawancara kepada beberapa rumah tangga, rumah makan, restoran siap saji (*fastfood*) dan hotel tertentu. Selanjutnya, potensi minyak goreng bekas yang dihasilkan di Kota Padang diestimasi berdasarkan observasi yang telah dilakukan.

Tahap kedua adalah membangun kerangka model konseptual dengan menetapkan variabel-variabel keputusan, parameter-parameter model dan penetapan inisialisasi dari sistem rantai pasok

biodiesel. Kerangka ini digunakan untuk merancang jaringan rantai pasok. Rancangan tersebut merupakan representasi kebijakan pembangunan rantai pasok biodiesel di Kota Padang. Beberapa pola jaringan rantai pasok akan dibangun kemudian dianalisis dan dievaluasi untuk mendapatkan jaringan rantai pasok yang terbaik. Pada tahap ini akan dibangun model simulasi sistem dinamik.

Menurut Hadiguna (2011) karakterisasi sistem adalah pencirian suatu sistem untuk kemudahan mengetahui berbagai elemen dan bagaimana cara interaksi dari elemen-elemen tersebut. Karakterisasi sistem rantai pasok biodiesel meliputi:

1. Penetapan struktur hirarki.

Sistem rantai pasok biodiesel terdiri dari tingkatan pengambil keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan identifikasi struktur hirarki pengambilan keputusan. Kegunaannya adalah penetapan *level of detail* dari pemodelan dan pengguna dari model.

2. Perumusan umpan balik.

Umpan balik merupakan respon dari sistem ketika dipicu oleh masukan tertentu. Pemodelan perlu menetapkan umpan balik sehingga sistem menjadi dinamik. Umpan balik diperlukan untuk mengetahui bagian-bagian yang belum efisien.

3. Sistem manusia komputer.

Wujud dari model yang dikembangkan adalah perangkat lunak komputer yang bekerja atas peran manusia. Interaksi manusia dan komputer dikenal dengan istilah sistem manusia komputer. Manusia menjadi sentral dari sistem manusia komputer. Adanya komputer dimaksudkan untuk membantu pengambil keputusan mengolah data dan informasi secara efektif. Komputer mampu menyimpan data, informasi dan model-model yang dibutuhkan. Rancangan sistem manusia komputer yang baik dapat dilihat dari spesifikasi teknologi komputer yang digunakan, rancangan perangkat lunak yang adaptif, fleksibel dan kemudahannya untuk digunakan.

4. Penciptaan integrasi

Struktur hirarki mengakibatkan terbentuknya sub-sub sistem. Sub sistem mengharuskan data diolah dan keluaran menjadi masukan bagi modul lainnya. Hal ini mengharuskan adanya integrasi. Integrasi adalah keterpaduan antar model didalam sistem untuk

bisa menunjang secara teratur sehingga menghasilkan keputusan sesuai dengan keadaan nyata.

5. Waktu respon

Sistem tidak akan terlepas dari lingkungan yang selalu berubah. Perubahan waktu akan memberikan pengaruh pada kegiatan-kegiatan sehingga perlu respon yang sangat cepat. Respon ditentukan pula oleh ketersediaan informasi. Pada kenyataannya, sebuah sistem akan dihadapkan pada informasi tidak selalu tersedia sehingga diperlukan pendekatan untuk membangkitkan informasi.

6. Transparansi

Sistem yang transparan akan memudahkan para pengambil keputusan melakukan kerja sesuai dengan rekomendasi yang dihasilkan. Transparansi berarti tidak ada bagian-bagian yang tertutupi. Rekomendasi kebijakan akan berasal dari rangkaian informasi yang dianalisis. Informasi-informasi yang terkait seharusnya bisa diakses para perencana sehingga ada keyakinan atas keabsahan rekomendasi tersebut.

7. Akurasi data

Data perlu diverifikasi untuk menjamin keputusan yang bermutu. Mekanisme pemasukkan data, penyimpanan dan verifikasi harus dibakukan. Prosedur operasi standar harus disiapkan untuk menjamin akurasi tersebut.

3.2 Pengumpulan Data dan Analisis

Pengujian dan penerapan model dapat dilakukan dengan dukungan ketersediaan data. Kebutuhan data disesuaikan dengan karakterisasi sistem. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah pengamatan langsung, wawancara dan diskusi dengan pemangku kepentingan. Jenis data yang dikumpulkan adalah volume minyak goreng bekas per hari oleh pemasok dan kandidat lokasi yang dapat dijadikan pabrik biodiesel di Kota Padang. Disamping itu, wawancara ditujukan untuk mengetahui penanganan minyak goreng bekas dan persepsi masyarakat terhadap pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel. Persepsi ini bermanfaat sebagai komitmen masyarakat untuk menjual minyak goreng bekas kepada agen pengepul.

Data lain yang diperlukan adalah teknologi proses produksi biodiesel, sistem pendistribusian dari pemasok ke pabrik yang akan diterapkan, harga jual minyak goreng bekas per kilogram, jumlah alat transportasi yang akan digunakan dengan spesifikasinya, peta Kota Padang, standarisasi yang terkait dengan minyak goreng bekas yang dapat dijadikan untuk pembuatan biodiesel serta permintaan solar Kota Padang satu tahun terakhir untuk mengestimasi permintaan biodiesel di Kota Padang. Data tersebut didapatkan dari Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Badan Pusat Statistik, dan sumber lain dalam berbagai laporan tertulis ataupun artikel yang didapat dari internet yang dapat dipertanggung jawabkan sumber dan isinya.

Langkah selanjutnya adalah analisis data pendahuluan. Tujuannya adalah membangun model konseptual. Analisis membutuhkan beberapa konsep yang relevan sesuai tujuan studi. Pertama adalah sistem distribusi dan sistem persediaan. Konsep ini diperlukan dalam merancang sistem rantai pasok biodiesel karena filosofi dari rantai pasok adalah persediaan dan distribusi. Tujuan dari penerapan konsep distribusi dan sistem persediaan biodiesel adalah mengidentifikasi variabel-variabel dari model dan beberapa alternatif jejaring rantai pasok biodiesel di Kota Padang. Konsep persediaan dan distribusi produk adalah kerangka berpikir dalam pengelolaan bahan dan produk serta pengiriman barang dalam jumlah yang tepat, pada waktu yang dibutuhkan, dalam keadaan yang dapat dipakai, ke lokasi di mana barang dan material tersebut dibutuhkan dan dengan total biaya yang paling rendah. Menurut Bowersox (2002) beberapa komponen yang saling terintegrasi dalam persediaan dan distribusi adalah jaringan fasilitas, transportasi, persediaan, komunikasi, penanganan dan penyimpanan.

Konsep kedua adalah sistem dinamis yang digunakan sebagai alat pemodelan sistem rantai pasok. Konsep sistem dinamis memang banyak digunakan dalam bidang sosial karena dapat menggambarkan keadaan sistem secara lebih spesifik. Keunggulan dari sistem dinamis adalah kemampuannya menggambarkan keadaan sistem dari waktu ke waktu sehingga dapat ditafsirkan apa yang akan terjadi pada masa tertentu yang diinginkan oleh pemilik kepentingan. Penerapan dari konsep ini adalah identifikasi variabel dan parameter sistem, merancang *causal loop diagram* dan menentukan keterkaitan setiap variabel dengan persamaan matematis yang direpresentasikan di dalam *stock flow diagram*.

Analisis data dari model simulasi komputer membutuhkan perangkat lunak simulasi. Perangkat lunak sistem dinamis yang digunakan adalah powersim studio. Simulasi adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan model sistem secara nyata menggunakan aplikasi komputer. Tujuan dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh/dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan diuji cobakan dalam sistem model.

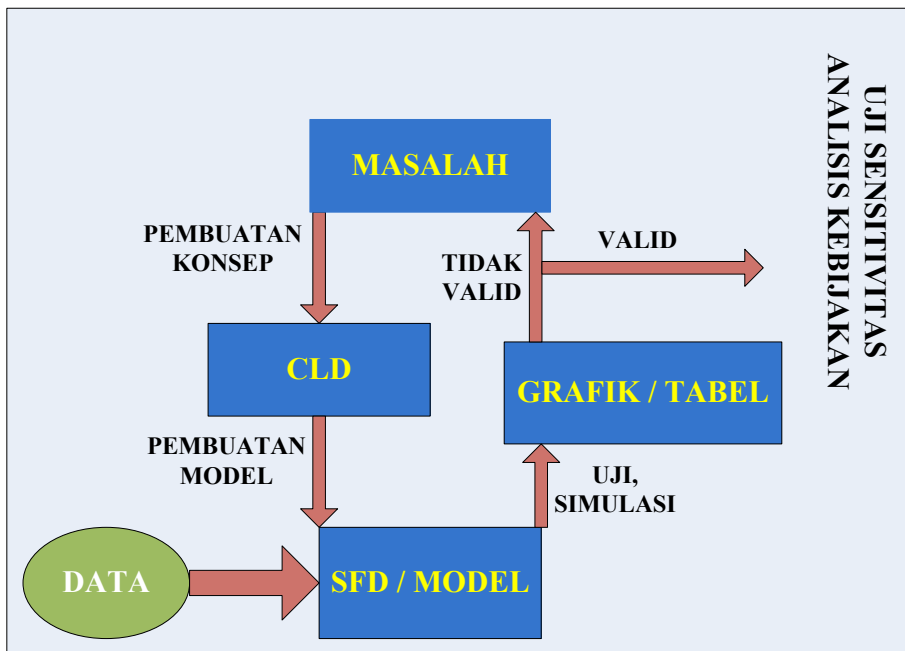
3.3 Penerapan Sistem Dinamis

Sistem dinamis adalah pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dinamis. Model akan membentuk pola-pola tingkah laku tertentu yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan perubahan waktu. Asumsi utama dalam paradigma sistem dinamis adalah waktu yang *persistent* pada setiap sistem yang kompleks bersumber dari struktur kausal yang membentuk sistem. Hal inilah yang menjadikan sistem dinamis diklasifikasikan ke dalam model matematik kausal. Sistem dinamis akan melibatkan *input* dan *output* yang memiliki hubungan diantara bagian-bagian sistem dan model. Sistem dinamis harus memiliki sedikitnya dua ciri utama yaitu bersifat dinamis meliputi kuantitas yang berubah menurut waktu yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik perubahan menurut waktu, dan pemikiran mengenai umpan balik karena semua sistem pada dasarnya mempunyai sistem umpan balik.

Sistem dinamis berkaitan dengan pertanyaan perilaku perubahan waktu dari sistem yang kompleks. Model tersebut berisi faktor-faktor, sumber-sumber informasi dan jaringan aliran informasi yang menghubungkan keduanya. Metode sistem dinamis mengacu pada sistem tertutup (*closed system*) atau sistem yang mempunyai umpan balik (*feedback system*) yang dikembangkan melalui metoda simulasi. Struktur yang terbentuk dari umpan balik menghubungkan sebuah keluaran pada suatu periode tertentu dengan masukan pada periode yang akan datang. Sistem umpan balik yang ada pada akhirnya memiliki kemampuan untuk mengendalikan dirinya sendiri dalam mencapai tujuan tertentu dan membantu desain kebijakan yang lebih

efektif. Umpan balik yang menjadi kerangka dasar sistem dinamis tersebut merupakan rangkaian tertutup yang menghubungkan masing-masing komponen yang terkait dalam sistem nyata secara menyeluruh. Sistem dinamis ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi pada sistem tertentu. Sistem Dinamis berbasis pada persamaan *difference* dan diferensial. Persamaan *difference* adalah persamaan yang menyatakan bahwa keadaan masa nanti (*the future state*) tergantung pada keadaan sekarang (*the current state*) dan faktor-faktor lainnya (Purnomo 2003). Menurut Muhammadi dan Soesilo (2001) menyatakan bahwa sistem dinamis memiliki tujuan, yaitu:


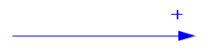

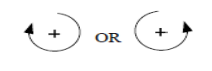
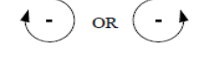
- Memahami (*to understand*) bagaimana cara kerja masing-masing unsur yang membangun sebuah sistem.
- Mengoptimalkan (*to optimize*) hasil kerja sistem (setelah dipahami cara kerja masing-masing unsur sistem).
- Meramalkan (*to predict*) kinerja sistem dimasa yang akan datang berdasarkan hasil kerja yang optimal.



Gambar 3.1 Tahap-Tahap Pembuatan dan Simulasi Model
(Sumber: Hidayat 2009)

Obyek yang dimodelkan sistem dinamis adalah struktur informasi sistem. Model tersebut berisi aktor-aktor, sumber-sumber informasi, dan jaringan aliran informasi yang menghubungkan keduanya. Analogi fisik dan matematik untuk struktur informasi itu dapat dibuat dengan mudah. Menurut Somantri dan Machfud (2006) pembuatan model dan simulasi sistem dinamis dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu identifikasi dan definisi masalah, konseptualisasi system, formulasi model, simulasi model, verifikasi dan validasi model, analisis kebijakan dan implementasi kebijakan. Tahapan tersebut secara sederhana dapat dibuat menjadi sebuah diagram yang disajikan dalam Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Simbol *Causal Loop Diagram*

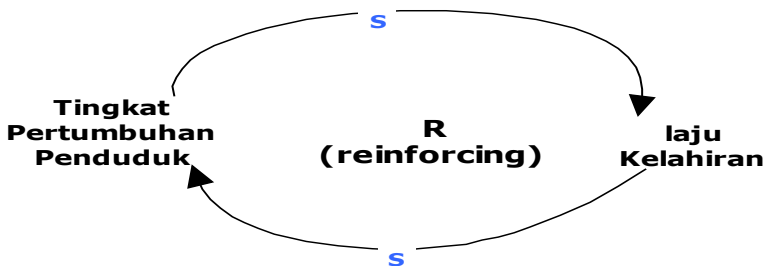
Simbol	Artinya
	Panah digunakan untuk menunjukkan sebab-akibat. Item di ekor panah menyatakan penyebab sedangkan item di kepala panah menyatakan perubahan
	Tanda + dekat panah menunjukkan bahwa item di ekor panah dan item di kepala panah mengalami perubahan panah ke arah yang sama. Jika item di ekor meningkat, maka item di kepala meningkat; Jika item di ekor menurun, maka item di kepala panah juga menurun
	Tanda - dekat panah menunjukkan bahwa item di ekor panah dan item di kepala panah mengalami perubahan panah ke arah yang berlawanan. Jika item di ekor meningkat, maka item di kepala menurun; Jika item di ekor menurun, maka item di kepala panah meningkat
	Simbol ini, ditemukan di tengah loop tertutup, menunjukkan bahwa loop terus berjalan ke arah yang sama, sering menyebabkan pertumbuhan sistematis atau kemunduran, perilaku yang tidak menentu bergerak menjauh membentuk titik ekuilibrium. Ini disebut umpan balik positif
	Simbol ini, ditemukan di tengah-tengah loop tertutup, menunjukkan bahwa loop mengalami pengubah arah, menyebabkan sistem untuk berfluktuasi atau bergerak menuju kesetimbangan. Hal ini disebut umpan balik negatif

(Sumber: Hidayatno dan Halim 2004)

Causal Loop Diagram (CLD) menyatakan hubungan sebab akibat (*causal relationship*) dari variabel-variabel yang ada didalam sistem ke dalam Bahasa gambar tertentu. Elemen dasar CLD terdiri atas variabel atau faktor dan panah (*links*). Variabel merupakan kondisi, situasi, aksi, atau keputusan yang mempengaruhi dan dapat dipengaruhi oleh variabel lainnya. Variabel dapat berbentuk kuantitatif dan kualitatif.

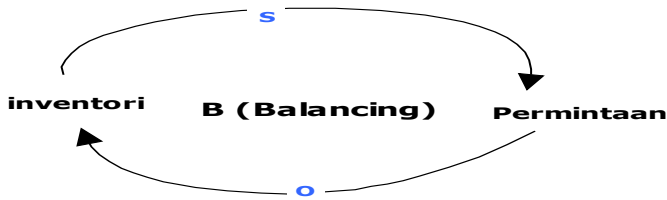
Salah satu kelebihan metodologi *causal loop* adalah kemampuannya yang dapat memasukkan variabel-variabel kualitatif dalam pendekatan *sistem thinking*. Konsep CLD sangat bermanfaat untuk menjelaskan keterkaitan dalam berbagai situasi dan efektif untuk mengetahui model mental. Simbol *causal loop diagram* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Proses umpan balik dalam metode dinamika sistem sebagaimana dideskripsikan oleh Ivan (2012), membaginya menjadi dua jenis yaitu umpan balik positif dan umpan balik negatif. Umpan balik positif atau juga yang biasa disebut dengan *reinforcing loop* merupakan *loop* yang menciptakan proses pertumbuhan, dimana suatu kejadian mengakibatkan bertambahnya nilai ukuran variabel tersebut pada kejadian berikutnya secara terus-menerus. Umpan balik ini memiliki ciri adanya pertumbuhan. Gambar 3.2 adalah contoh umpan balik positif adalah tingkat pertumbuhan penduduk dengan tingkat kelahiran, sedangkan tanda S (*surplus*) menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pertumbuhan penduduk akan mempengaruhi jumlah laju kelahiran.



Gambar 3.2 Umpan Balik Prilaku Sistem Populasi Penduduk

Umpan balik negatif atau biasa disebut dengan *balancing loop*. Umpan balik negatif memiliki perilaku untuk selalu mencapai tujuan tertentu (*goal seeking*). Umpan balik ini selalu berusaha untuk selalu memberikan koreksi sebagai tindakan dalam mengatasi kegagalan dalam mencapai tujuan. Gambar 3.3 adalah contoh penggunaan umpan balik negatif adalah hubungan antara stok persediaan dan permintaan. Tanda S (*surplus*) menunjukkan bahwa peningkatan persediaan akan menyebabkan pertambahan permintaan, sedangkan tanda O (*opposite*) peningkatan permintaan akan mengurangi persediaan.



Gambar 3.3 Umpan Balik Prilaku Sistem Persediaan

Simulasi dari sistem dinamis dirancang berbantuan perangkat lunak komputer *Powersim Studio*. Model simulasi yang dirancang dari *causal loop diagram* diterjemahkan dalam rangkaian model simulasi, selanjutnya *Powersim Studio* secara otomatis akan menyusun model matematis. Tahapan dalam perancangan model simulasi dinamika dengan bantuan *Powersim Studio* dimulai dari merancang *stock dan flow diagram*.

Bagian penting dari pembangunan model simulasi komputer dari sistem dinamis adalah pembuatan *stock* dan *flow diagram*. *Causal loop diagram* yang dirancang dengan mengidentifikasi komponen-komponen penting dalam sistem dan ditransformasikan dalam hubungan antara *stock (level)* dan *Flow (rate)*. *Stock* adalah variabel yang menyatakan keadaan sistem pada suatu waktu dan merupakan akumulasi hasil setiap aktivitas sistem. Perubahan *stock* hanya disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada *flow*. *Flow* menggambarkan aliran yang berubah sesuai fungsi waktu dan merupakan proses yang langsung mempengaruhi *stock*. *Flow* menggambarkan adanya gerakan materi dan informasi dalam sistem, sehingga *flow* menggambarkan aktivitas yang terdapat dalam sistem. *Flow* menyatakan suatu aktivitas atau kebijakan yang mempengaruhi *level* dan menggambarkan laju perubahan suatu *level*. *Flow* merupakan satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*.

Menurut Sterman (2000), sistem dinamis menggunakan satu notasi diagram khusus untuk *stock* dan *flow*. *Stock* dilambangkan dengan bujur sangkar, *inflow* dilambangkan dengan sebuah pipa (panah) menunjukkan masuk ke *stock*. *Outflow* dilambangkan dengan pipa yang menunjukkan keluar dari *stock*. Katup mengontrol aliran (*flow*) dan awan melambangkan sumber dan saluran air. Satu sumber

menunjukkan *stock* darimana aliran berawal keluar dan menaikkan garis batas dari model, saluran pembuangan air melambangkan *stock* mengalir keluar dan menurunkan garis batas model. Sumber dan saluran air diasumsikan memiliki kapasitas tak terbatas dan tidak pernah membatasi aliran yang mereka berikan.

Persamaan matematik yang menjadi dasar perhitungan jumlah *stock* (persamaan integral) dan setiap proses dalam *flow* (persamaan differensial) yang diciptakan Forrester (1961) berdasarkan *hydraulic metaphor* adalah sebagai berikut:







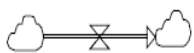


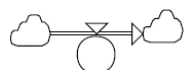
$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)]ds + Stock(t_0) \quad \dots(1)$$

Dimana *inflow(s)* menunjukkan nilai dari *inflow* pada setiap waktu antara waktu terdahulu t_0 dan waktu sekarang t . Secara persamaan, besaran bersih perubahan *stock* ialah *inflow* dikurangi *outflow*, menjelaskan persamaan diferensial.

$$\frac{d(Stock)}{dt} = Net\ Change\ in\ Stock = Inflow(t) - Outflow(t) \quad \dots(2)$$

Terdapat dua peubah yang mempengaruhi fungsi *stock* dan *flow* yaitu *auxilliary* dan konstanta. *Auxiliary* adalah peubah yang bersifat dinamis, berubah menjadi fungsi *flow* dan digunakan untuk membuat hubungan menjadi eksplisit dengan perhitungan masing-masing variabel. Konstanta adalah peubah *stock* yang bersifat tetap, tidak dipengaruhi lainnya. Tabel 3.2 merupakan notasi yang digunakan dalam pemodelan dinamika sistem.

Tabel 3.2 Simbol-Simbol yang Digunakan pada Model Dinamika sistem

Simbol	Nama	Deskripsi
	<i>Level</i>	Variabel yang terakumulasi perubahannya yang dipengaruhi oleh alirannya
	<i>Auxiliary</i>	Variabel yang mendukung perhitungan dari variabel-variabel yang lain.
	<i>Constant</i>	Variabel yang mengandung nilai atau inisial yang tetap dan tidak berubah sepanjang waktu
   Constant Level Auxiliary	<i>Array</i>	Variabel yang menggambarkan <i>array</i>
	<i>Flow</i>	Penghubung yang mempengaruhi level
	<i>Information Link</i>	Penghubung yang memberikan informasi ke <i>auxiliary</i> tentang nilai dan variabel
	<i>Initialization Link</i>	Penghubung yang menyediakan informasi awal kepada variabel (<i>auxiliary</i> dan <i>level</i>) tentang nilai dari variabel yang lain
	<i>Flow and Rate</i>	Merupakan variabel yang menghubungkan antara aliran data yang masuk dan aliran data yang keluar

(Sumber: Wibowo, 2011)

Ada lima persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyusun *stock flow diagram* yaitu: (1) level hanya dapat didahului oleh *rate*; (2) level dapat diikuti oleh tambahan (*auxiliary*) atau *rate*; (3) tambahan dapat diikuti oleh tambahan lain atau *rate*; (4) *rate* harus diikuti oleh suatu level; dan (5) level bisa secara tidak langsung mempengaruhi level yang lain.

Perilaku sistem ditimbulkan oleh struktur sistem itu sendiri. Perilaku yang paling umum ditemukan pada suatu sistem adalah *exponential growth*, *goal seeking*, dan *oscillation*. *Exponential growth* dihasilkan dari *feedback* positif, *goal seeking* dihasilkan dari *feedback* negatif, sedangkan *oscillation* dihasilkan dari *feedback* negatif dengan faktor *delay* waktu didalamnya. Berikut penjelasan mengenai perilaku sistem yang ditimbulkan dari simulasi model tersebut sebagai berikut:

1. *Exponential growth* menggambarkan percepatan pertumbuhan yang ditimbulkan oleh *feedback* positif (saling menguatkan). Semakin besar kuantitas, semakin besar pertambahan yang dihasilkan dan menyebabkan pertumbuhan menjadi lebih cepat. *Feedback* positif tidak selalu menghasilkan pertumbuhan positif.
2. *Goal seeking* adalah *loop* negatif yang menyebabkan sistem menuju keseimbangan atau menuju pada *level* yang diharapkan. Jika selisih antara kondisi aktual dengan kondisi yang diinginkan, maka sistem akan terus bergerak sampai pada titik tertentu hingga tercapai keseimbangan. Keseimbangan tercapai bila kondisi aktual sama dengan kondisi yang diharapkan.
3. *Oscillation* dimana perilaku *oscillation* juga terjadi karena *loop feedback* negatif. Selisih antara level semula dengan level yang diharapkan ditekan dengan tindakan korektif akibat *delay*. Selisih tersebut akan kembali meningkat dan menyebabkan level naik kembali pada titik tertentu, dan kemudian turun kembali karena tindakan korektif.

Simulasi adalah teknik deskriptif atau tiruan dari sebuah dinamika sistem dengan menggunakan model komputer yang digunakan untuk memungkinkan membuat keputusan guna meningkatkan kinerja sistem dan mengevaluasi perilaku model dibawah berbagai kondisi. Simulasi merupakan operasionalisasi model, atau penanganan model untuk meniru tingkah laku sistem yang sesungguhnya.

Simulasi merupakan salah satu alat analisis yang terpercaya bagi perancangan dan pengoperasian proses atau sistem yang rumit. Dengan semakin meningkatnya persaingan dunia, simulasi menjadi alat yang sangat cocok untuk perencanaan, perancangan dan pengawasan bagi sebuah sistem. Simulasi merupakan sebuah tiruan dari sebuah cara operasi di dunia nyata. Model simulasi adalah suatu teknik dimana hubungan sebab akibat dari suatu sistem ditangkap (*capture*) didalam sebuah model komputer, untuk menghasilkan beberapa perilaku sesuai dengan sistem nyata, umumnya model yang diaplikasikan yaitu model dinamika sistem. Menurut Muhammadi dan Soesilo (2001), simulasi didefinisikan sebagai peniruan perilaku suatu gejala atau proses. Simulasi bertujuan untuk memahami gejala atau proses tersebut, membuat analisis dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut di masa depan.

Ide awal dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh/dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan diujicobakan dalam sistem model. Pelaksanaan simulasi melalui empat tahap, dimana tahap pertama simulasi adalah penyusunan konsep. Gejala atau proses yang akan digambarkan perlu dipahami, antara lain:

1. Menentukan unsur-unsur yang berperan dalam gejala atau proses tersebut.
2. Tahap kedua adalah pembuatan dan perumusan model. Konsep pada tahap awal dirumuskan sebagai model yang berbentuk uraian gambar atau rumus.
3. Tahap ketiga, simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan model yang telah dibuat. Dalam model kuantitatif, simulasi dilakukan dengan memasukkan data ke dalam model, dimana perhitungan dilakukan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Dalam model kualitatif, simulasi dilakukan dengan menelusuri dan mengadakan analisis hubungan sebab akibat antar unsur dengan memasukkan data atau informasi yang dikumpulkan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses.
4. Tahap terakhir, validasi untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Model dapat dinyatakan baik apabila kesalahan atau simpangan hasil simulasi terhadap gejala atau proses yang ditirukan kecil. Hasil simulasi tersebut selanjutnya digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta mengetahui kecenderungannya di masa mendatang.

Menurut Render dan Stair (1985) penggunaan simulasi perlu memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Menentukan permasalahan.
2. Mengajukan variabel yang berhubungan dengan permasalahan.
3. Membangun model numeris.
4. Menentukan rangkaian kemungkinan aksi untuk percobaan.
5. Menjalankan eksperimen.

6. Mempertimbangkan hasil eksperimen (memodifikasi model atau merubah *input*).
7. Memutuskan langkah yang akan diambil

Berdasarkan pemaparan konsep-konsep di atas dapat dilihat banyak keuntungan dengan menggunakan simulasi untuk menggambarkan suatu sistem. Keuntungan tersebut dapat dirinci sebagai berikut:

1. Fleksibel adalah kemampuan untuk digunakan dalam menganalisis berbagai skenario sesuai kompleksitas masalah.
2. Dapat digunakan untuk menganalisa situasi dunia nyata yang besar dan kompleks yang tidak dapat dipecahkan oleh model analisa kuantitatif konvensional.
3. Kadangkala simulasi adalah satu-satunya metode yang memungkinkan. Peneliti kadangkala karena berbagai sebab tidak bisa mengobservasi langsung obyek penelitiannya maka perlu dilakukan simulasi.
4. Model simulasi dibuat untuk problem manajemen dan membutuhkan input dari manajemen. Analis yang mengerjakan model harus berhubungan secara ekstensif dengan manajer, ini berarti pengguna biasanya turut serta dalam proses pemodelan, dan mempunyai peran dalam pembuatannya, sehingga tidak ragu untuk menggunakannya.
5. Simulasi memungkinkan adanya pertanyaan “bagaimana jika?” (*what if question*).
6. Simulasi tidak mengganggu sistem dunia nyata.
7. Dengan simulasi dapat dipelajari efek interaktif dari suatu komponen atau variabel individual untuk menentukan mana yang penting.
8. Simulasi memungkinkan penghematan waktu.
9. Simulasi dapat mengikutsertakan komplikasi dunia nyata yang model
10. Kuantitatif pada umumnya tidak bisa. Pemakaian “*ceteris paribus*” bisa dikurangi.

Disamping memiliki kelebihan seperti di atas, simulasi tentu tidak lepas dari kekurangan dalam menganalisis suatu sistem, antara lain:

1. Model simulasi yang baik mungkin akan sangat mahal. Biasanya merupakan proses yang panjang dan rumit.
2. Simulasi tidak menghasilkan solusi optimal dari permasalahan seperti teknik analisa kuantitatif yang lain.
3. Harus dijalankan semua kondisi dan hambatan untuk mendapatkan solusi yang ingin diuji. Model simulasi tidak menghasilkan jawaban dengan sendirinya.
4. Tiap model simulasi adalah unik. Solusi dan kesimpulannya tidak dapat digunakan untuk permasalahan lain.

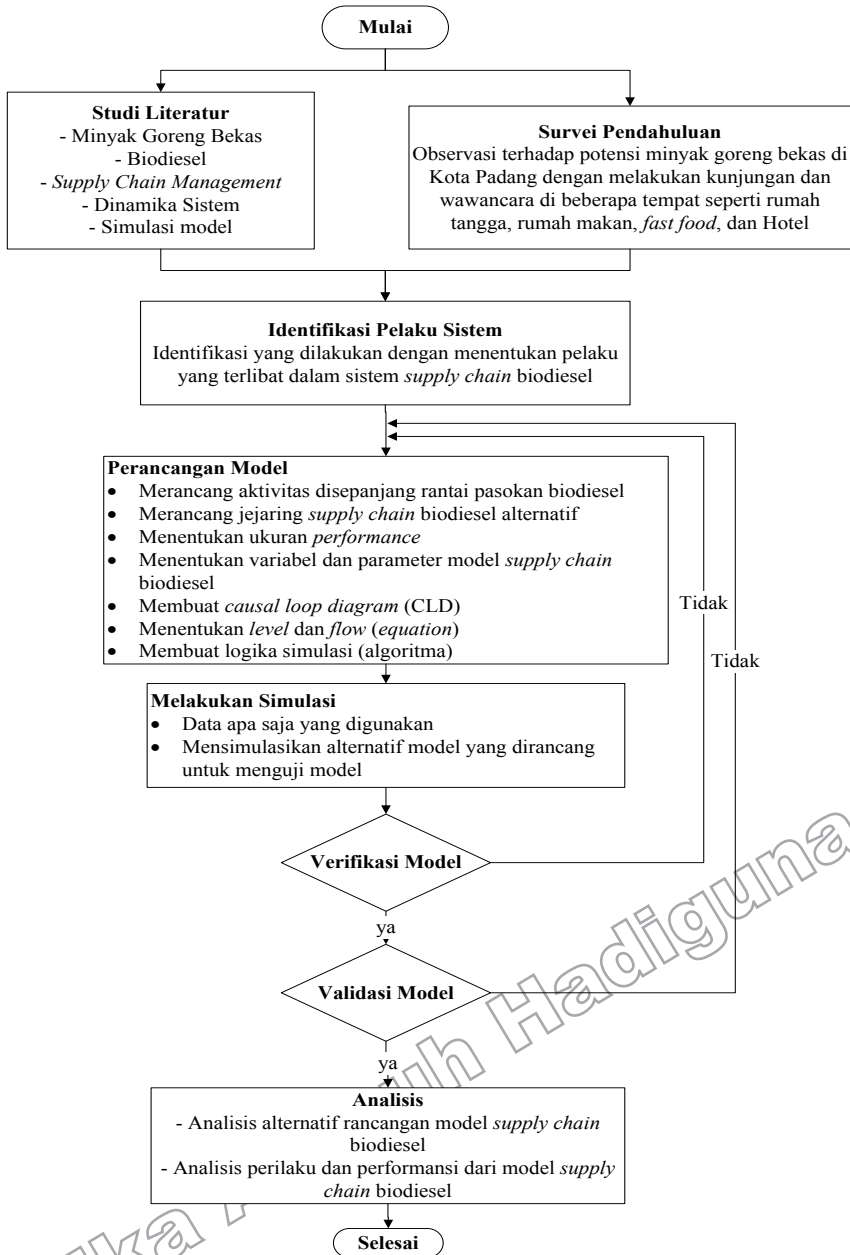
3.4 Tahapan Perancangan Rantai Pasok

Tahapan perancangan rantai pasok dijelaskan dalam diagram alir sebagaimana pada Gambar 3.4. Beberapa langkah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Survei pendahuluan dan studi literature. Survei pendahuluan dilakukan dengan melakukan observasi terhadap beberapa sampel penghasil minyak goreng bekas dan melihat potensi minyak goreng bekas di Kota Padang yang dapat diproses menjadi biodiesel.
2. Identifikasi elemn-elemen sistem rantai pasok biodiesel. Pada tahapan ini dilakukan penentuan elemen-elemen sistem rantai pasok biodiesel mulai dari pemasok sampai penjualan biodiesel kepada konsumen. Elemen-elemen dari sistem terdiri dari pemasok yang terlibat, metode transportasi yang akan digunakan serta menentukan pelaku dalam proses pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel, pelaku penjualan biodiesel kepada konsumen beserta *requirement* masing-masing.
3. Perancangan alternatif model jejaring rantai pasok biodiesel. Perancangan model jejaring rantai pasok biodiesel dimulai dari pemasok sampai ke konsumen yang dirancang beberapa alternatif berdasarkan pelaku yang terlibat dan aktivitas dalam sistem yang telah diidentifikasi.

4. Pemodelan simulasi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Menentukan ukuran kinerja dari sistem yaitu biaya total rantai pasok (*total cost of supply chain*)
 - b. Identifikasi variabel dan parameter model yang ditentukan dengan memperhatikan aktivitas-aktivitas dalam pendistribusian minyak goreng bekas dari pemasok ke pabrik dan pendistribusian biodiesel dari pabrik kepada konsumen. Model rantai pasok biodiesel memiliki variabel variabel yang saling berkaitan yang mempengaruhi perilaku dan performansi sistem.
 - c. Merancang *causal loop diagram* yang menggambarkan hubungan sebab akibat dari suatu kejadian berdasarkan waktu. *Causal Loop Diagram* (CLD) dirancang untuk melihat keterkaitan setiap variabel dan umpan balik dari variabel dalam sistem rantai pasok biodiesel.
 - d. Menentukan *level* dan *flow* untuk sebagai bahasa model untuk menginteraksi hubungan antar variabel dan parameter berdasarkan data dari sistem nyata.
5. Verifikasi dan validasi model simulasi yang telah dibangun. Verifikasi model merupakan pengujian terhadap model apakah model telah bekerja dengan benar dan memiliki kesesuaian dengan logika dan asumsi dari sistem nyata. Verifikasi ditujukan untuk menjawab pertanyaan apakah model telah dibuat dengan transisi yang benar dari konsep yang telah dikembangkan di CLD ke formulasi matematis. Teknik pengujian model dilakukan dengan pengkodean model dan pengujian *level* dan *flow*. Validasi model dilakukan dengan membandingkan keluaran model dari kedua alternatif model. Validasi adalah proses membuktikan bahwa model telah menggambarkan sistem nyata.
6. Analisis skenario dilakukan terhadap beberapa alternatif rancangan model rantai pasok biodiesel yang dibangun berdasarkan pelaku sistem yang telah diidentifikasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan pengaruh parameter-parameter dalam sistem rantai pasok biodiesel. Tujuan dari analisis adalah menentukan kebijakan jejaring rantai pasok biodiesel terbaik yang dapat diusulkan untuk diimplementasikan di Kota Padang.

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)



Gambar 3.4 Diagram Tahapan Perancangan Rantai Pasok

BAB IV

ANALISIS RANTAI PASOK

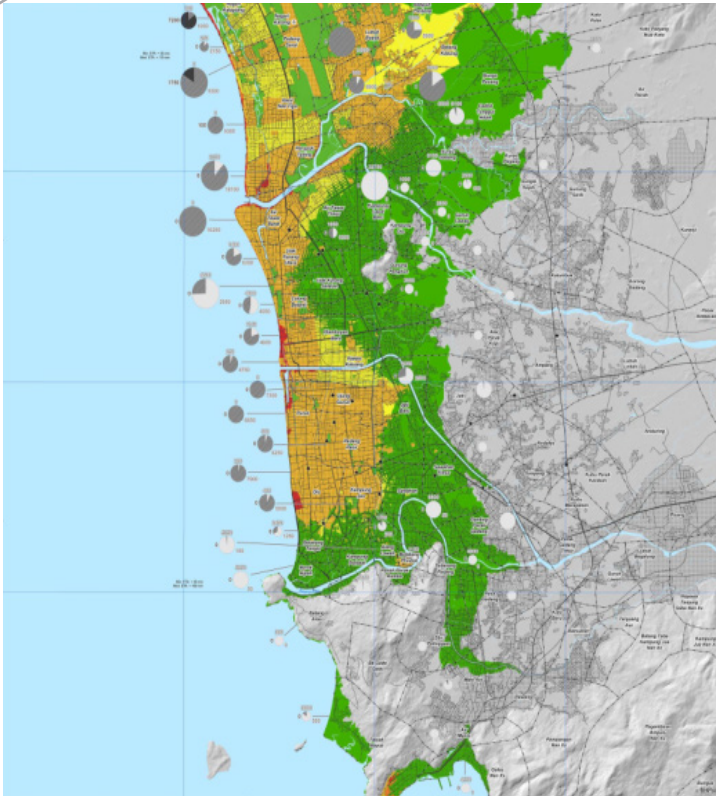
4.1 Geografis dan Potensi Permintaan

Hal terpenting dari rancangan rantai pasok adalah pemahaman terhadap perilaku dari aliran barang, aliran informasi dan aliran uang. Pemahaman komprehensif harus berdasarkan data dari sistem nyata yang dianalisis secara luas. Bagian ini menjelaskan tentang pengumpulan data dan pembangunan model simulasi. Pembangunan model simulasi digunakan untuk menganalisis alternatif-alternatif jaringan rantai pasok biodiesel yang dirancang. Rancangan jaringan rantai pasok dibuat berdasarkan hasil diskusi dengan para pemangku kepentingan. Rancangan jaringan rantai pasok diterjemahkan dalam bentuk model konseptual yaitu diagram *causal loop* diagram dan *flow* dan *level*. Model konseptual diterjemahkan secara teknis menjadi pemrograman komputer untuk diuji keabsahannya. Proses ini membutuhkan data untuk merancang beberapa alternatif dengan mempertimbangkan pemangku kepentingan yang terlibat dalam sistem dan mata rantai yang akan dirancang untuk masing-masing alternatif.

Pengumpulan data yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui seluruh aktivitas yang dilakukan oleh masing-masing pemangku kepentingan serta mengetahui sumber daya yang dibutuhkan pada masing-masing aktivitas. Data akan dimanfaatkan untuk membangun model simulasi dan menganalisisnya sehingga diketahui pengaruh aktivitas dari pemangku kepentingan terhadap rantai pasok biodiesel di Kota Padang. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dan didukung hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan rantai pasok biodiesel. Data yang dikumpulkan untuk mendeskripsikan sistem rantai pasok biodiesel sebagai berikut:

1. Geografi Kota Padang dengan jumlah kelurahan dan kecamatan yang ada di Kota Padang beserta jumlah penduduknya.
2. Jumlah permintaan solar setiap bulan dalam satu tahun terakhir di kota Padang.
3. Identifikasi *Stakeholder* dan *requirement*-nya.

Geografis Kota Padang adalah data penting yang diperlukan untuk mendeskripsikan sistem rantai pasok. Peta dapat menggambarkan secara umum kondisi geografis di Kota Padang termasuk didalamnya jumlah penduduk dan luas daerah untuk setiap kelurahan di Kota Padang. Gambar 4.1 adalah peta Kota Padang, sedangkan jumlah penduduk dan luas per kelurahan yang ada di Kota Padang pada tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 4.1. Deskripsi ini digunakan untuk mengestimasi jumlah minyak goreng bekas yang dihasilkan per harinya.



Gambar 4.1 Peta Kota Padang

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk dan Luas Kecamatan di Kota Padang

No.	Kecamatan	Kode Kelurahan	Nama Kelurahan	Luas (km ²)	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	Padang Utara	1	Gunung Pangilun	1.37	11,282
		2	Ulak Karang Selatan	0.42	11,260
		3	Ulak Karang Utara	1.62	10,032
		4	Air Tawar Timur	1.39	3,744
		5	Air Tawar Barat	1.53	17,625
		6	Alai Parak Kopi	1.12	13,282
		7	Lolong Belanti	0.63	9,101
2	Padang Barat	1	Belakang Tangsi	0.57	4,096
		2	Olo	0.89	6,700
		3	Ujung Gurun	0.71	6,145
		4	Berok Nipah	0.31	6,340
		5	Kampung Pondok	0.65	6,134
		6	Kampung Jao	1.63	5,874
		7	Purus	0.68	9,543
		8	Padang Pasir	0.71	6,328
		9	Rimbo Kaluang	0.42	4,353
		10	Flamboyen Baru	0.43	5,924
3	Padang Timur	1	Sawahan	0.62	7,000
		2	Ganting Parak Gadang	0.44	11,775
		3	Parak Gadang Timur	0.80	8,831
		4	Kubu Marapalam	1.35	6,989
		5	Kubu Dalam Parak Karakah	1.12	11,745
		6	Andalas	0.64	10,358
		7	Simpang Haru	0.55	5,463
		8	Sawahan Timur	0.88	5,829
		9	Jati Baru	1.14	7,462
		10	Jati	0.61	11,722

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

4	Padang Selatan	1	Air Manis	1.19	1,690
		2	Bukik Gado-gado	1.55	1,683
		3	Batang Arau	0.34	4,823
		4	Seberang Palinggam	0.14	3,407
		5	Pasa Gadang	0.31	7,445
		6	Belakang Pondok	0.25	2,100
		7	Alang Laweh	0.28	4,169
		8	Taluak Bayua	2.83	3,448
		9	Rawang	0.50	11,310
		10	Mato Aie	0.80	11,346
		11	Seberang Padang	1.54	8,164
		12	Ranah Parak Rumbio	0.30	3,760
5	Nangga-lo	1	Tabing Banda Gadang	0.91	3,564
		2	Gurun Lawas	0.85	2,323
		3	Kampung Olo	0.57	7,345
		4	Kampung Lapai	2.85	11,492
		5	Surau Gadang	0.61	22,719
		6	Kurao Pagang	2.28	11,358
6	Kuranji	1	Anduring	4.04	12,681
		2	Pasar Ambacang	5.03	15,461
		3	Lubuk Lintah	4.03	8,951
		4	Ampang	4.03	6,373
		5	Kalumbuk	6.02	8,554
		6	Korong Gadang	7.05	15,403
		7	Kuranji	9.07	27,928
		8	Gunung Sarik	11.08	15,295
		9	Sungai Sapih	7.06	9,663

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

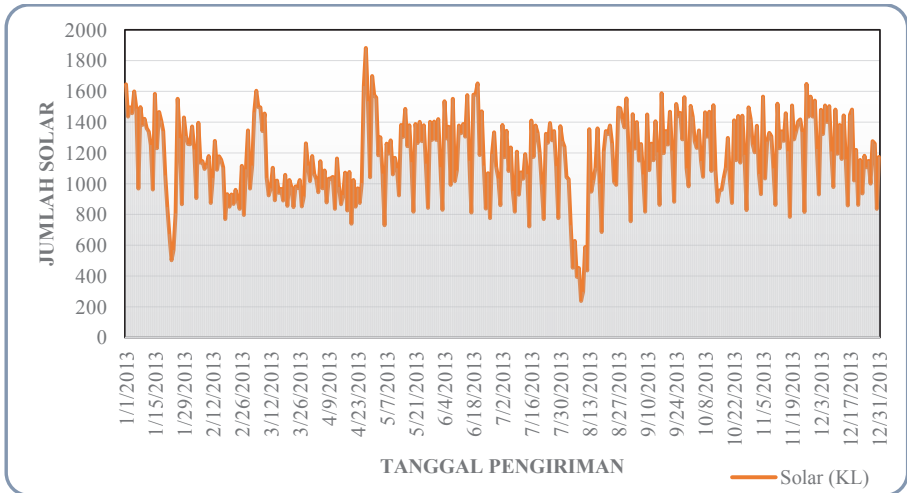
7	Pauh	1	Pisang	3.99	6,741
		2	Binuang Kampung Dalam	2.97	5,617
		3	Piai Tengah	4.97	4,405
		4	Cupak Tengah	2.99	7,863
		5	Kapalo koto	35.83	5,841
		6	Koto Luar	12.96	6,955
		7	Lambung Bukit	18.92	3,123
		8	Limau Manis Selatan	24.86	8,263
		9	Limau Manis Utara	38.80	4,861
8	Lubuk Begalung	1	Kampung Baru Nan XX	0.82	5,074
		2	Pampangan Nan XX	1.13	9,836
		3	Koto Baru Nan XX	1.03	6,435
		4	Tanjung Aur Nan XX	0.46	1,634
		5	Gurun Lawas Nan XX	1.03	6,101
		6	Banuaran Nan XX	1.29	7,905
		7	Lubuk Begalung Nan XX	1.55	8,595
		8	Cengkeh Nan XX	0.72	4,157
		9	Gates Nan XX	7.22	7,523
		10	Pengambiran Ampalu Nan XX	5.15	18,293
		11	Kampung Jua Nan XX	3.09	4,646
		12	Parak Laweh Pulau Air Nan XX	1.75	9,315
		13	Pitameh Tanjung Saba Nan XX	1.95	4,446
		14	Tanah Sirah Piai Nan XX	1.55	5,567
		15	Batung Taba Nan XX	2.17	7,114
9	Lubuk Kilangan	1	Tarantang	1.85	2,048
		2	Beringin	1.65	1,226
		3	Batu Gadang	19.29	5,828
		4	Indarung	52.10	10,669
		5	Padang Besi	4.91	6,211
		6	Koto Lalang	3.32	6,378
		7	Bandar Buat	2.87	11,172

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

10	Koto Tangah	1	Dadok Tunggul Hitam	11.78	15,342
		2	Air Pacah	14.72	6,421
		3	Lubuk Minturun Sungai Lar- eh	23.29	7,414
		4	Bungo Pasang	3.32	24,223
		5	Parupuk Tabing	9.41	12,028
		6	Batang Kabung Ganting	3.32	15,801
		7	Lubuk Buaya	3.67	11,493
		8	Padang Sarai	13.24	11,872
		9	Koto Panjang Ikua Koto	8.18	13,353
		10	Pasir Nan Tigo	14.57	19,385
		11	Koto Pulai	5.53	9,282
		12	Balai Gadang	106.90	2,359
		13	Batipuh Panjang	14.32	12,493
11	Bungus Teluk Kabung	1	Teluk Kabung Selatan	9.14	1,808
		2	Bungus Selatan	25.64	3,773
		3	Teluk Kabung Tengah	17.26	2,729
		4	Teluk Kabung Utara	4.85	3,592
		5	Bungus Timur	25.81	5,356
		6	Bungus Barat	18.08	6,858

(Sumber: Sabda, 2011)

Dalam kegiatan sehari-hari, solar merupakan salah satu jenis bahan bakar yang digunakan di Kota Padang baik untuk transportasi maupun industri. Permintaan terhadap solar di Kota Padang tergolong tinggi, hal ini dapat dilihat dari pendistribusian solar selama tahun 2013 oleh Pertamina yang dikirim dari Terminal BBM Teluk Kabung ke seluruh SPBU di Kota Padang yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



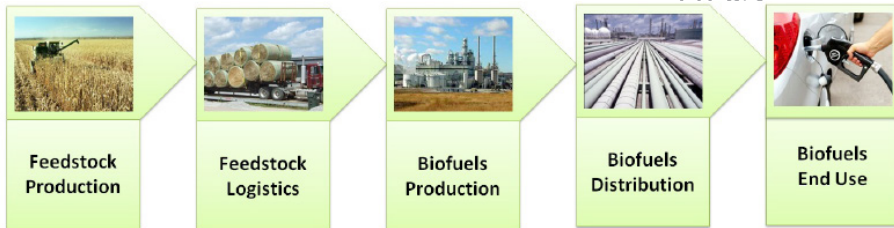
Gambar 4.2 Pendistribusian Solar Selama Tahun 2013 dari Terminal BBM Teluk Kabung (Sumber: Pertamina 2014)

Pengumpulan data pendistribusian ini digunakan untuk mengestimasi kebutuhan biodiesel per tahunnya di Kota Padang untuk dilakukan pencampuran dengan solar sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Melalui Peraturan Menteri ESDM No. 25 tahun 2013, mulai Januari 2014 persentase campuran biodiesel ditetapkan menjadi 10% dan akan terus ditingkatkan menjadi 25% pada Januari 2025. Kebijakan ini akan meningkatkan kebutuhan biodiesel sebagai campuran solar.

4.2 Penentuan Pemangku Kepentingan (*Stakeholder*)

Pemangku kepentingan dalam rantai pasok biodiesel adalah semua pihak yang terlibat dan bertanggung jawab serta memiliki kepentingan dalam jaringan rantai pasok biodiesel di Kota Padang. Penentuan pemangku kepentingan sangat bergantung pada rancangan jaringan rantai pasok. Jaringan rantai pasok terdiri dari banyak proses yang melibatkan berbagai pihak disepanjang rantai pasok biodiesel. Tahapan yang terjadi dalam sistem rantai pasok biodiesel terdiri dari produksi bahan baku (*feedstock production*), logistik bahan baku (*feedstock logistic*), produksi biodiesel (*biofuels production*), distribusi

biodiesel (*biofuels distribution*) dan pengguna biodiesel (*biofuels endues*) yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 (Kazemzadeh, 2013).



Gambar 4.3 Tahapan Rantai Pasok Biodiesel (Sumber: Kazemzadeh 2013)

Tahapan ini menjadi rujukan dalam penentuan pemangku kepentingan yang terlibat dalam rantai pasok biodiesel di Kota Padang yang dimulai dari pemasok sampai ke konsumen. Penentuan pemangku kepentingan bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis hubungan yang saling mempengaruhi dalam pengelolaan aliran barang yang terjadi di sepanjang jaringan rantai pasok. Kemudian, identifikasi *stakeholder requirement* berdasarkan peran dan fungsinya karena setiap pemangku kepentingan memiliki perilaku yang berbeda-beda dan memberi pengaruh terhadap kinerja sistem. Pendefinisian yang baik para pemangku kepentingan dan kebutuhannya sangat penting untuk mengetahui pertimbangan dan kebutuhan berbagai pihak dalam penetapan, pelaksanaan kebijakan, dan prosedur yang dapat dilakukan untuk menilai kegiatan disepanjang jaringan rantai pasok biodiesel. Identifikasi, analisis dan pendefinisian dari pemangku kepentingan dan kebutuhannya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pemangku Kepentingan dalam Rantai Pasok Biodiesel

No	Pemangku Kepentingan	Fungsi dan Peran	<i>Stakeholder requirements</i>
1	Masyarakat (Rumah tangga, <i>fast-food</i> , rumah makan, restoran dan usaha gorengan	<ul style="list-style-type: none"> - Menjadi pemasok minyak goreng bekas - Memenuhi kebutuhan bahan baku biodiesel 	<ul style="list-style-type: none"> - Terjaminnya penjualan minyak goreng bekas sehingga terjadinya tambahan pendapatan sebagai indikator kesejahteraan masyarakat. - Memiliki kesadaran untuk tidak menggunakan minyak goreng bekas berulang kali dalam melakukan aktivitas penggorengan karena berbahaya untuk kesehatan. - Memiliki kesadaran untuk tidak membuang minyak goreng bekas ke air sungai karena dapat merusak lingkungan. - Ketersediaan tempat penjualan (agen) minyak goreng bekas yang dekat dengan rumah atau tempat usaha masyarakat.
2	Agen (Koperasi)	<ul style="list-style-type: none"> - Mendapatkan minyak goreng bekas yang bersaing dari <i>supplier</i> - Menyimpan minyak goreng bekas - Melakukan pengiriman bahan baku ke pabrik - Menjadi penghubung langsung dengan pabrik 	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki ketersediaan tempat penyimpanan (<i>inventory</i>) untuk menyimpan minyak goreng bekas. - Ketersediaan moda transportasi untuk mengirimkan minyak goreng bekas dari agen ke pabrik dengan rute terminimum. - Memperoleh penghasilan dari mengumpulkan minyak goreng bekas. - Memperoleh keuntungan dari mengumpulkan minyak goreng bekas.

3	Pengolahan (Perusahaan Industri Biodiesel)	<ul style="list-style-type: none"> - Pihak yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan pengelolaan minyak goreng bekas menjadi biodiesel yang ramah lingkungan. - Melakukan proses pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel - Melakukan pengembangan terhadap penggunaan metode dan teknologi dalam memproduksi biodiesel 	<ul style="list-style-type: none"> - Memperoleh bahan baku dengan harga yang layak. - Adanya <i>standard operating procedure</i> yang jelas dan mudah untuk setiap pekerjaan di perusahaan untuk memproduksi biodiesel yang ramah lingkungan. - Pelatihan yang cukup menyangkut aktivitas pekerjaan, keamanan, dan keselamatan kerja, aspek lingkungan, dan lain sebagainya. - Ketersediaan pabrik dan fasilitasnya untuk melakukan proses produksi biodiesel yang bersih dan ramah lingkungan sesuai dengan kapasitas produksi yang terpasang. - Adanya standar kualitas untuk biodiesel yang dihasilkan. - Keuntungan semaksimal mungkin dengan biaya yang dikeluarkan seoptimal mungkin. - Hubungan dan komunikasi yang baik dengan para <i>supplier</i> dalam pemenuhan bahan baku sesuai dengan ketentuan. - Sertifikasi sistem manajemen perusahaan secara berkelanjutan dari lembaga auditor. - Sumber daya manusia yang berkualitas dalam pengelolaan kegiatan manufaktur. - Pemenuhan legalitas dan peraturan pemerintah dalam mengelola lingkungan terkait kegiatan industri.
---	--	---	---

4	Pertamina	<ul style="list-style-type: none"> - Mengelola biodiesel untuk dicampurkan dengan solar sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan tempat penyimpanan biodiesel dan teknologi untuk pencampuran biodiesel dengan solar. - Memenuhi persyaratan legalitas dan ramah lingkungan yang ditetapkan oleh Pertamina. - Ketersediaan biodiesel dengan harga yang sesuai dengan kualitas produk. - Kontinuitas pemenuhan kebutuhan akan biodiesel terjamin. - Ketersediaan moda transportasi yang digunakan untuk mengirim biodiesel dari pabrik ke depot Pertamina.
5	<i>Distribution Centre</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penyimpanan biodiesel murni sebelum didistribusikan kepada konsumen. - Melakukan pendistribusian dan penjualan secara grosir kepada pengencer ataupun perusahaan industri. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan tempat penyimpanan (<i>inventory</i>) biodiesel dengan kapasitas yang besar. - Memperoleh keuntungan dari pendistribusian dan penjualan biodiesel kepada pengencer ataupun perusahaan industri. - Ketersediaan biodiesel dengan harga yang sesuai dengan kualitas biodiesel. - Ketersediaan moda transportasi yang digunakan untuk mengirim biodiesel dari pabrik ke <i>distribution centre</i>.

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)

6	SPBU	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penjualan biosolar langsung kepada konsumen ataupun pengencer dengan harga yang telah ditetapkan oleh Pertamina 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan biodiesel dengan harga yang sesuai dengan kualitas biodiesel. - Kontinuitas pemenuhan kebutuhan akan biodiesel terjamin. - Pelayanan kepada konsumen sesuai dengan <i>standard operating procedur</i> yang ditetapkan oleh Pertamina.
7	Pengencer	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penjualan langsung baik biosolar yang didapat dari SPBU maupun biodiesel murni kepada konsumen 	<ul style="list-style-type: none"> - Memperoleh keuntungan dari penjualan biosolar maupun biodiesel murni kepada konsumen. - Ketersediaan tempat penyimpanan dan penjualan biosolar maupun biodiesel murni sebelum dilakukan penjualan kepada konsumen.
8	Konsumen	<ul style="list-style-type: none"> - Pengguna akhir dari biodiesel yang menggunakannya sebagai pemasok energi untuk aktivitas masyarakat maupun dunia industri. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan biodiesel murni maupun biosolar dengan harga yang sesuai dengan kualitas biodiesel. - Terpenuhinya kepuasan konsumen akan kebutuhan energi. - Kontinuitas pemenuhan kebutuhan akan biodiesel terjamin.

9	Pemerintah (Government)	<ul style="list-style-type: none"> - Pihak yang memiliki hak dan wewenang dalam mengawasi dan mengendalikan pelaksanaan kegiatan industri pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel - Pihak yang turut serta menciptakan kebijakan daerah terkait dengan kebijakan energi yang bersifat <i>renewable</i> dan industri pengolahan lainnya. - Memberikan edukasi kepada masyarakat untuk tidak menggunakan minyak goreng bekas untuk penggorengan selanjutnya karena berbahaya bagi kesehatan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menciptakan iklim kondusif untuk tumbuh kembangnya industri biodiesel melalui kebijakan yang menguntungkan bagi perusahaan dan <i>stakeholder</i> yang terlibat. - Mendorong peningkatan produksi dan kualitas hasil. - Menjamin kestabilan harga yang terjangkau oleh konsumen. - Pemenuhan terhadap seluruh persyaratan hukum yang berlaku khususnya semua regulasi maupun ketentuan tentang industri pengelolaan biodiesel sebagai sumber energi alternatif yang <i>renewable</i>. - Pengawasan dan pemeriksaan terhadap mutu biodiesel, penggunaan sumber daya dan pengelolaan perusahaan oleh manajemennya. - Saksi terhadap perusahaan yang melanggar peraturan yang telah ditetapkan.
---	----------------------------	--	---

4.3 Komponen-komponen Rantai Pasok Biodiesel

Pembangunan model jaringan rantai pasok biodiesel dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Identifikasi aktivitas dari sistem rantai pasok biodiesel
2. Perancangan kerangka kerja jaringan rantai pasok biodiesel
3. Penentuan alternative-alternatif rancangan rantai pasok biodiesel
4. Verifikasi dan validasi model jaringan rantai pasok

Gambar 4.3 telah menjelaskan tahapan-tahapan dalam rantai pasok biodiesel yang terdiri dari bahan baku (*feedstock production*), logistik bahan baku (*feedstock logistics*), produksi biodiesel (*biodiesel production*), distribusi biodiesel (*biodiesel distribution*) dan konsumen (*biodiesel enduser*). Bahan baku utama yang digunakan dalam rantai pasok biodiesel adalah minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas merupakan minyak sisa hasil penggorengan yang telah mengalami perubahan komposisi baik secara fisik maupun secara kimia. Minyak goreng bekas ini sangat potensial untuk dikembangkan dan diolah menjadi biodiesel karena selain mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan apabila dibuang ke sungai, harganya yang murah dan terkadang bisa diperoleh dengan gratis dan dapat digunakan sebagai pemasok energi bagi masyarakat ataupun dunia industri.

Pemasok minyak goreng bekas adalah semua elemen dan usaha yang menggunakan minyak goreng dalam aktivitasnya seperti rumah tangga, rumah makan, restoran, hotel dan industri makanan. Minyak goreng bekas apabila dikonsumsi berakibat buruk bagi kesehatan. Hal ini diperkuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fransiska (2010) bahwa penggunaan minyak goreng bekas secara berulang-ulang dapat membahayakan kesehatan tubuh karena minyak tersebut membentuk radikal bebas dan senyawa toksit yang bersifat racun yang pada akhirnya dapat menyebabkan jantung koroner maupun stroke. Minyak goreng bekas yang dihasilkan di Kota Padang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan dengan prakiraan sekitar 8326,33 kilogram per hari. Jumlah ini diperkirakan akan semakin meningkat dikarenakan kebutuhan masyarakat terhadap minyak goreng yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.

Tahapan logistik bahan baku adalah seluruh aktivitas yang dibutuhkan dalam pengiriman bahan baku ke pabrik. Dalam hal ini, minyak goreng bekas yang dihasilkan oleh pemasok seperti rumah tangga, rumah makan, restoran, *fastfood*, hotel dan usaha kecil gorengan dikumpulkan pada satu agen yang terdapat pada masing-masing kecamatan di Kota Padang. Agen tersebut berperan sebagai pembeli minyak goreng bekas dan menyimpannya sampai dilakukan pendistribusian dengan menggunakan truk ke pabrik. Penyimpanan minyak goreng bekas dilakukan dengan menempatkannya di dalam tangki penyimpanan yang berkapasitas 3.000 liter. Dalam tahapan ini, biaya logistik menjadi konsekuensi biaya yang harus dikeluarkan dan berkontribusi besar terhadap harga pokok produksi. Tahapan logistik bahan baku terdiri dari:

1. Pengumpulan bahan baku merupakan pemindahan atau melakukan kegiatan transportasi terhadap bahan baku dari pemasok ke tempat agen.
2. Penyimpanan adalah penimbunan bahan baku yang telah dikumpulkan dari pemasok tanpa *spoilage*. Aktivitas ini termasuk menentukan dimana lokasi tempat penyimpanan dan jumlah kapasitas yang dapat disimpan, persiapan yang dibutuhkan terhadap bahan baku sebelum ditempatkan pada tempat penyimpanan dan hal-hal yang berhubungan dengan persediaan.
3. Pengiriman dan transportasi merupakan pemindahan bahan baku dari agen yang sudah melakukan penyimpanan ke pabrik pengolahan biodiesel dengan metode yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan bertujuan mengefisiensikan biaya pengiriman bahan baku.

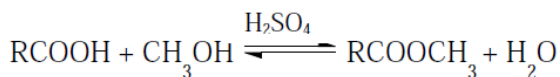
Elemen-elemen kegiatan tersebut harus dilakukan untuk mencapai total biaya pengiriman yang minimum dan efisiensi waktu pengiriman minyak goreng bekas ke pabrik. Pengumpulan minyak goreng bekas dari masyarakat dilakukan oleh agen dalam hal ini koperasi yang terdapat di setiap kantor kecamatan di Kota Padang. Agen membeli minyak goreng bekas dengan harga Rp. 1.500 per kilogram. Kemudian minyak goreng tersebut disimpan oleh agen pada tangki penyimpanan yang berkapasitas 3.000 liter. Penyimpanan dilakukan selama satu hari, hal ini dikarenakan truk yang akan membawa minyak goreng bekas dari agen ke pabrik melakukan pengiriman setiap hari.

Dalam tahapan ini, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam melakukan pengiriman minyak goreng bekas sesuai dengan yang telah dijadwalkan. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah total minyak goreng bekas yang dikumpulkan oleh masing-masing agen di Kota Padang yang berfluktuatif. Hal ini dipengaruhi oleh penyebaran jumlah penduduk dan jumlah pemasok lainnya yang tidak sama di setiap kecamatan yang ada di Kota Padang. Selain itu disebabkan oleh kesadaran masyarakat untuk menjual minyak goreng bekas kepada agen dan tidak menggunakan kembali minyak goreng bekas tersebut.

Tantangan yang harus dihadapi dalam pengiriman adalah keterbatasan muatan moda transportasi yang digunakan karena moda

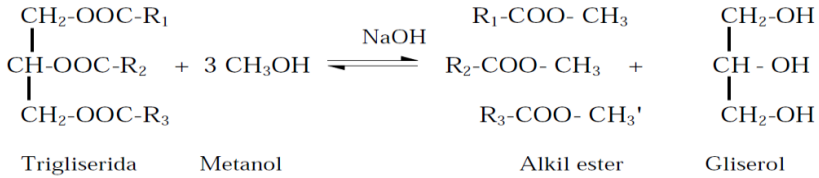
transportasi yang digunakan adalah truk tangki yang berkapasitas 16.000 liter untuk sekali pengiriman. Pemilihan moda transportasi akan sangat berpengaruh terhadap biaya transportasi keseluruhan. Tantangan lain yang harus dihadapi adalah pemilihan rute pengiriman yang dilakukan yang dipengaruhi oleh jarak serta kondisi jalan yang dilalui oleh truk untuk mengirimkan minyak goreng bekas dari agen ke pabrik. Dengan pertimbangan jarak, jumlah truk dan kapasitas muatan dari truk dapat di rencanakan pengalokasian truk yang akan digunakan sehingga menghasilkan biaya yang paling minimum yang harus dikeluarkan perusahaan.

Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dilakukan dalam dua tahap proses yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan merancang peralatan khusus, hal ini dikarenakan didalam proses tersebut menggunakan bahan-bahan yang sifatnya korosif yang berbahaya apabila terhirup atau mengenai kulit yang dapat menyebabkan iritasi. Proses esterifikasi dilakukan hanya untuk minyak goreng bekas yang mengandung asam lemak bebas yang lebih dari dua persen. Tujuan dari proses ini adalah untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dari minyak tersebut menjadi kurang dari satu persen dan mengurangi terbentuknya sabun saat proses transesterifikasi berlangsung yang menyulitkan proses pencucian serta memungkinkan hilangnya produk yang berguna. Dengan menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dilakukan reaksi esterifikasi antara methanol dengan asam lemak bebas yang menghasilkan metil ester dan air seperti reaksi pada Gambar 4.4.

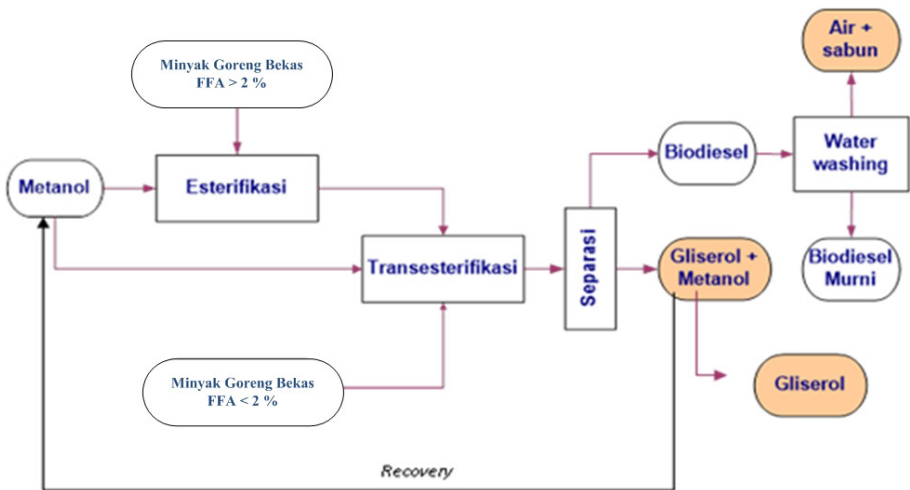


Gambar 4.4 Reaksi Esterifikasi (Sumber: Kusumaningtyas 2011)

Setelah tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi, yaitu tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil ester melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk sampingan yaitu gliserol. Proses transesterifikasi biasanya menggunakan katalis basa serta harus dilakukan pada minyak yang bersih, bebas air dan tidak mengandung katalis yang digunakan pada proses sebelumnya. Reaksi transesterifikasi untuk memproduksi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Reaksi Transesterifikasi Menghasilkan Biodiesel
(Sumber: Haryono et. al. 2010)



Gambar 4.6 Diagram Proses Produksi Biodiesel (Sumber: Ginting 2011)

Proses produksi biodiesel dari minyak goreng bekas tidak membutuhkan teknologi yang canggih karena hanya membutuhkan reaktor untuk reparasi dan proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi (Ginting 2011). Pada proses produksi biodiesel ini menghasilkan beberapa limbah hasil sampingan produk biodiesel seperti gliserol dan methanol yang dapat digunakan kembali sebagai bahan campuran minyak goreng bekas untuk proses pembuatan biodiesel selanjutnya. Selain itu biodiesel hasil produksi harus memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Republik Indonesia yang terdapat pada Tabel 4.3. Proses produksi biodiesel dapat digambarkan melalui diagram alir yang terdapat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.3 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006

Parameter dan satuannya	Batas Nilai	Metode Uji	Metode Setara
Massa jenis pada 40 °C, kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas kinematik pd 40 °C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Titik nyala (mangkuk tertutup), °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik kabut, °C	maks. 18	ASTM D 2500	-
Korosi lempeng tembaga (3 jam, 50 °C)	maks. no 3	ASTM D 130	ISO 2160
Residu karbon, %-massa		ASTM D 4530	ISO 10370
• dalam contoh asli, atau	maks 0,05		
• dalam 10 % ampas distilasi	maks. 0,30		
Air dan sedimen, %-vol.	maks. 0,05	ASTM D 2709	-
Temperatur distilasi 90 %, °C	maks. 360	ASTM D 1160	-
Abu tersulfatkan, %-massa	maks.0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Belerang, ppm-m (mg/kg)	maks. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Fosfor, ppm-m (mg/kg)	maks. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	maks.0,8	AOCS Cd 3d-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-massa	maks. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Gliserol total, %-massa	maks. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar ester alkil, %-massa	min. 96,5	Dihitung*	FBI-A03-03
Angka iodium, %-massa (g-I ₂ /100 g)	maks. 115	AOCS Cd 1-25	FBI-A04-03
Uji Halphen	Negatif	AOCS Cd 1-25	FBI-A06-03

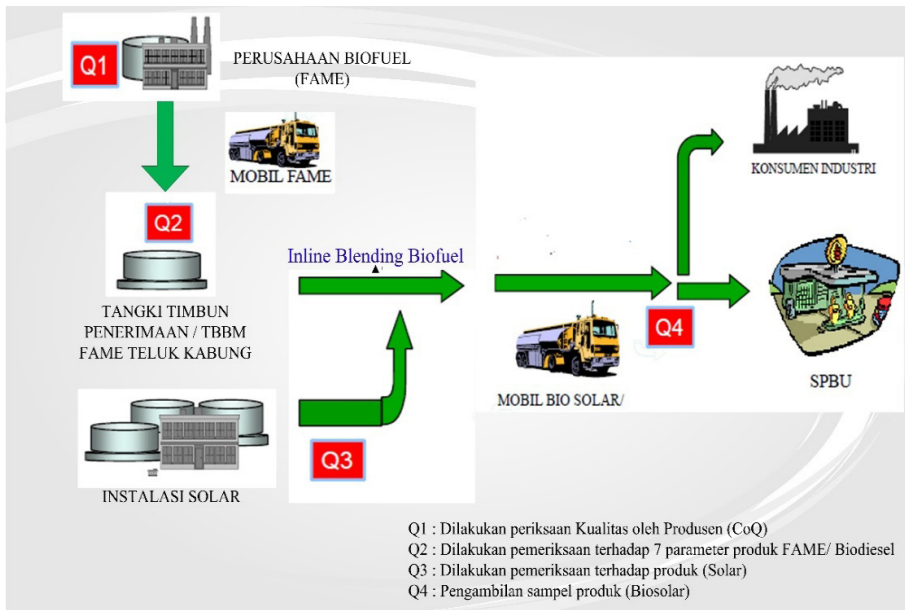
*) berdasarkan angka penyabunan, angka asam, serta kadar gliserol total dan gliserol bebas; rumus perhitungan dicantumkan dalam FBI-A03-03 (Sumber : BSN 2006)

Tahapan distribusi merupakan pengiriman biodiesel murni dari pabrik kepada konsumen, dengan menggunakan alat transportasi yang dilakukan oleh individu maupun mitra perusahaan melalui SPBU yang ada di Kota Padang. Dalam rancangan sistem ini, distribusi dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Pendistribusian biodiesel dilakukan oleh perusahaan sendiri ke *distribution center* (DC). *Distribution center* ini terdapat dua buah di Kota Padang yang bertugas menjual biodiesel murni (B100) kepada perusahaan industri.
2. Pendistribusian biodiesel dilakukan oleh perusahaan dengan menggunakan truk tangki yang sama yang berkapasitas 16 kiloliter ke Teminal BBM Teluk Kabung. Kemudian, dilakukan pencampuran biodiesel (*blending*) dengan solar sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah dan ketetapan Pertamina melalui pola distribusi dan kontrol kualitas yang dilakukan terhadap BBN Pertamina. Kemudian biosolar tersebut didistribusikan lagi menuju seluruh SPBU yang ada di Kota Padang seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.7.

Tahapan ini merupakan aktivitas penjualan biodiesel langsung ke pengguna akhir atau konsumen. Konsumen yang dimaksud adalah masyarakat Kota Padang yang membutuhkan solar untuk bahan bakar kendaraan atau genset serta perusahaan industri. Penjualan biodiesel dilakukan oleh Pertamina melalui unit-unit bisnisnya termasuk SPBU yang tersebar di Kota Padang. Biodiesel murni (B100) dapat dibeli konsumen di *distribution center* yang terdapat di Kota Padang. Tantangan yang harus dihadapi untuk meningkatkan penjualan biodiesel adalah membuat harga jual yang kompetitif dan terjangkau oleh masyarakat dengan mengefisiensikan proses disepanjang rantai pasok biodiesel dan meningkatkan subsidi yang diberikan oleh pemerintah Kota Padang maupun pemerintah Sumatera Barat. Dilain hal, harga penjualan juga mengikuti ketetapan dari pemerintah baik untuk solar maupun biodiesel murni.

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)



Gambar 4.7 Pola Distribusi dan Kontrol Kualitas Terhadap BBN Pertamina

4.4 Formulasi Matematik

Orientasi dari rancangan jaringan rantai pasok adalah maksimasi keuntungan, kepuasan terhadap kebutuhan konsumen dan *responsiveness*. Menurut Chopra dan Meindl (2013) fase yang harus dilakukan dalam merancang jaringan rantai pasok adalah menentukan strategi rantai pasok, menentukan konfigurasi fasilitas regional dan pemilihan lokasi. Strategi yang diterapkan pada perancangan jaringan rantai pasok adalah fokus terhadap *cost leadership* yang menghasilkan biodiesel yang berkualitas tetapi dengan harga yang terjangkau bagi masyarakat. Untuk mencapai tujuan tersebut, beberapa hal yang dilakukan oleh perusahaan yaitu:

1. Menempatkan pabrik pengolahan biodiesel yang dekat dengan pemasok untuk meminimasi biaya transportasi. Penyebaran lokasi para pemasok minyak goreng bekas yang cukup luas dan ketidakpastian volume pasokan setiap harinya mengakibatkan kompleksitas yang tinggi dalam pembangunan konektivitas pemasok dan pabrik. Kedekatan lokasi pabrik dengan para pemasok diharapkan dapat menjadi salah satu daya tarik bagi

masyarakat untuk menjual kepada pabrik. Faktor pendukung lainnya adalah mengarahkan masyarakat untuk tidak membuang minyak goreng bekas ke sungai atau saluran air.

2. Memenuhi target pemerintah untuk menjadikan biodiesel sebagai sumber alternatif energi yang *renewable* baik biodiesel murni (B100) ataupun solar campuran biodiesel. Produksi biodiesel harus dijamin kualitasnya. Kualitas biodiesel harus memenuhi ketentuan Pertamina sehingga mampu bersaing dengan biodiesel lainnya baik dalam negeri maupun luar negeri.
3. Strategi pemasaran yang dilakukan untuk meningkatkan penjualan kepada konsumen adalah promosi melalui iklan yang bersifat edukatif dengan mensosialisasikan penggunaan biodiesel sebagai sumber energi terbarukan dan tidak bergantung lagi dengan sumber energi yang berasal dari fosil yang ketersediaannya terbatas.
4. Mengantisipasi pasokan minyak goreng bekas yang belum seimbang dengan permintaan biodiesel di Kota Padang yang mengalami peningkatan setiap tahunnya berdasarkan permintaan solar di Kota Padang. Kontinuitas pasokan minyak goreng bekas dapat dilakukan dengan intensif promosi, edukasi dan sosialisasi oleh perusahaan maupun pemerintah terhadap bahaya yang ditimbulkan apabila menggunakan kembali minyak goreng bekas, dan lebih baik minyak goreng bekas tersebut dijual kepada pengepul sehingga menghasilkan tambahan pendapatan bagi penghasil.

Aspek lainnya adalah mengidentifikasi daerah untuk fasilitas-fasilitas yang terlibat dalam sistem rantai pasok, potensinya dan kapasitas yang memungkinkan untuk masing-masing fasilitas dengan tujuan total biaya rantai pasok minimum. Konfigurasi fasilitas dimulai dari *supplier* dengan menetapkan *standard operating procedure* (SOP) pembelian minyak goreng bekas dari masyarakat dan kegiatan penyimpanannya. Harga minyak goreng bekas ditetapkan oleh perusahaan adalah Rp. 1.500,- per kilogram. Industri biodiesel tidak memiliki kompetitor dikarenakan Kota Padang belum ada perusahaan pengolahan biodiesel yang bahan bakunya berasal dari minyak goreng bekas. Tantangan yang dihadapi oleh perusahaan adalah bagaimana meyakinkan dan mensosialisasikan kepada masyarakat untuk bersedia menjual minyak

goreng bekas kepada agen dan tidak menggunakan kembali minyak tersebut agar kontinuitas pasokan minyak goreng bekas terjamin.

Aliran bahan baku yang dimulai dari pemasok minyak goreng bekas setiap harinya ke agen diklasifikasikan sebagai persediaan minyak goreng bekas. Konsekwensinya adalah perlu dilakukan pengendalian biaya persediaan dan pasokan bahan baku sebagai salah satu komponen penyusun total biaya rantai pasok biodiesel. Persediaan minyak goreng bekas ditingkat agen berdasarkan perhitungan laju pengumpulan minyak goreng bekas yang dikumpulkan dari masyarakat Kota Padang mencapai total 8.049 liter per harinya. Persediaan minyak goreng bekas dalam sehari (PMG_j) dihitung berdasarkan estimasi jumlah total dari minyak goreng bekas yang dikumpulkan oleh setiap agen (MG_j) di setiap kecamatan di Kota Padang. Estimasi tersebut didapatkan dari perkalian jumlah rumah tangga di kecamatan (RT_i) dikalikan dengan rata-rata jumlah minyak goreng bekas yang dihasilkan rumah tangga sebesar 0,0357 liter per hari, ditambah dengan estimasi jumlah minyak goreng bekas yang dihasilkan oleh rumah makan, *fastfood*, restoran, hotel, dan usaha gorengan (MGL_i) yang diasumsikan sama untuk setiap kecamatan. Oleh sebab itu, persediaan minyak goreng bekas setiap harinya dirumuskan dengan persamaan:

$$PMG_j = \sum_{i=1}^{11} ((0.0357 \times RT_i) + MGL_i) \quad (1)$$

Dimana i adalah kecamatan di Kota Padang, sedangkan biaya penyimpanan pada agen diformulasikan berdasarkan perkalian PMG_j dengan Rp 200,- yang diasumsikan sebagai biaya simpan per liter untuk satu hari ditambahkan dengan biaya pembelian tangki penyimpanan (BT_p) yang dihitung per tahun sehingga biaya persediaan di koperasi per tahun (BPA_j) dirumuskan dengan persamaan:

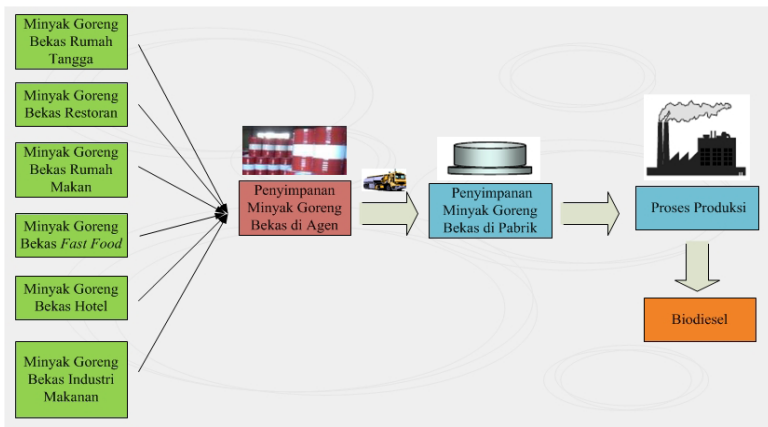
$$BPA_j = \sum_{i=1}^{11} (PMG_j \times 365 \times 200) + BT_p \quad (2)$$

Kegiatan transportasi dari agen yang terdapat di setiap kecamatan menggunakan truk pengangkut minyak yang berkapasitas 16 KL. Penentuan biaya transportasi dari agen ke pabrik (CS_{ij}) diformulasikan melalui perkalian total jarak yang ditempuh (X_{ij}) dengan biaya transportasi per kilometer (S_i) dan jumlah alat transportasi yang digunakan (k) dengan persamaan :

$$CS_{ij} = \sum_{i=1}^{11} X_{ij} \times CS_i \times k \quad (3)$$

Aliran persediaan minyak goreng bekas dari pemasok ke pabrik diilustrasikan pada Gambar 4.8. Pendirian pabrik pengolahan biodiesel skala menengah yang dilengkapi dengan fasilitas pendukungnya membutuhkan investasi yang cukup besar. Pabrik yang akan dibangun memiliki spesifikasi yang disesuaikan dengan proyek pengembangan biodiesel yang dilakukan oleh Pertamina, ITB dan PT Rekayasa Industri sebagai berikut:

1. Kapasitas produksinya adalah 8 ton per hari atau 9.600 liter.
2. Sistem produksinya kontiniu
3. Desain pabriknya modularisasi
4. Ukuran pabrik 24 x 20 m
5. Pabrikasi lokal



Gambar 4.8 Titik-titik Persediaan Minyak Goreng Bekas

Pendirian pabrik biodiesel membutuhkan data mengenai kapasitas pabrik biodiesel, biaya investasi dan operasional yang dibutuhkan pabrik biodiesel untuk melakukan produksi. Kapasitas pabrik biodiesel ditetapkan dengan kategori menengah yang bisa memproduksi 8 ton biodiesel per hari. Sementara itu, Biaya investasi dan operasional yang dibutuhkan pabrik biodiesel untuk melakukan produksi diasumsikan sebagai biaya bulanan yang dibagi rata menjadi 30 hari. Biaya tersebut

mengacu ke penelitian mengenai studi kelayakan pendirian pabrik biodiesel skala menengah dengan kapasitas 8 ton/ hari seperti yang terdapat pada Tabel 4.4.

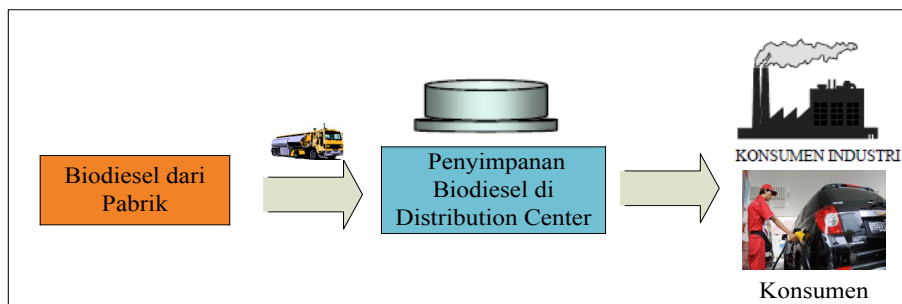
Tabel 4.4 Estimasi Biaya Investasi dan Operasional Pabrik Biodiesel

No	Variabel	Biaya (Rp)
1	Biaya Investasi Pabrik	1.800.000.000
2	Biaya Operational per hari	
	* Biaya bahan baku	33.480.000
	* Biaya <i>Overhead</i>	2.833.333

(Sumber: Energyterbarukan.net, 2006)

Persediaan biodiesel pada *distribution center* (DC) adalah produksi biodiesel yang disimpan di tangki timbun DC yang berkapasitas 8 kiloliter sebelum didistribusikan dan sesudah didistribusikan kepada konsumen setiap harinya. Aliran barang diilustrasikan pada Gambar 4.9. Biaya persediaan pada DC ($BIDC_j$) dirumuskan sebagai berikut:

$$BIDC_j = (\text{Jumlah persediaan biodiesel} \times \text{biaya simpan per liter per hari}) \\ + \text{Biaya Pembelian Tangki} \quad (4)$$



Gambar 4.9 Aliran Persediaan Biodiesel pada *Distribution Center*

Persediaan biodiesel pada Terminal BBM Teluk Kabung merupakan hasil produksi biodiesel yang disimpan di dalam gudang Terminal BBM Teluk Kabung yang berkapasitas 15 kiloliter sebelum dan sesudah

proses *blending* dengan solar pada Terminal BBM Teluk Kabung setiap harinya. Biaya persediaan pada Terminal BBM Teluk Kabung (BIT_j) dirumuskan sebagai berikut :

$$BIT_j = (\text{Jumlah persediaan biodiesel pada Terminal BBM} \times \text{biaya simpan per liter per hari}) + \text{Biaya Pembelian Tangki} \quad (5)$$

Permintaan biodiesel di Kota Padang dapat diperkirakan berdasarkan data historis penyaluran solar dari Terminal BBM Teluk Kabung per hari selama tahun 2013 yang dikalikan dengan persentase campuran biodiesel untuk solar yaitu 10%. Persentase tersebut merupakan ketetapan pemerintah untuk tahun 2013 berdasarkan *blue print* bauran energi nasional tahun 2025 yang merupakan program rencana pemerintah Indonesia didalam menghadapi isu krisis energi. Tabel 4.5 adalah prakiraan permintaan biodiesel per bulan untuk tahun 2013

Tabel 4.5 Permintaan Biodiesel

No	Bulan	Permintaan (kiloliter)
1	Januari	3850.6
2	Februari	2959.2
3	Maret	3394.4
4	April	3240.6
5	Mei	3821.8
6	Juni	3707.9
7	Juli	3547.6
8	Agustus	3085.2
9	September	3704.2
10	Oktober	3780.8
11	November	3860.8
12	Desember	3734.1
Jumlah		38836.60
Kebutuhan per Hari		106.40

(Sumber: Diolah dari Pertamina 2014)

Permintaan terhadap biodiesel sebagai salah satu sumber energi terbarukan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini didukung oleh beberapa kebijakan pengembangan energi di Indonesia yang dikeluarkan oleh pemerintah. Pengembangan tersebut dimulai dengan dikeluarkannya Inpres No. 1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain. Kebijakan tersebut merupakan instruksi Presiden RI kepada para menteri dalam Kabinet Indonesia Bersatu dan semua Gubernur serta Bupati/Walikota untuk mengambil langkah-langkah dalam melaksanakan percepatan penyediaan pemanfaatan bahan bakar nabati. Melalui Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan energi nasional yang berisikan pedoman dalam pengelolaan energi nasional yang bertujuan untuk mewujudkan pemanfaatan energi primer (*mix*), termasuk energi terbarukan yang optimal pada tahun 2025. Perkembangan beberapa kebijakan mengenai energi terbarukan di Indonesia dan pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel (B100) di Indonesia sesuai dengan Permen ESDM No. 32 tahun 2008 yang diperbaharui melalui Permen ESDM No. 25 tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pentahapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Biodiesel (B100)

Jenis Sektor	2009 (%)	2010 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2020 (%)	2025 (%)
Transport PSO	1	2,5	10	20	20	25
Transport no PSO	1	3	10	20	20	25
Industri & Komersial	2,5	5	10	20	20	25
Pembangkit Listrik	0,25	1	25	30	30	30

Masalah lokasi adalah strategis dalam perancangan rantai pasok. Lokasi pabrik adalah penting dalam rancangan rantai pasok. Hal-hal yang menjadi pedoman untuk menentukan lokasi pabrik adalah:

1. Lokasi memiliki jarak yang dekat dengan sumber bahan baku
2. Lokasi memiliki jarak yang dekat dengan daerah pemasaran
3. Lokasi memiliki kemudahan dalam hal transportasi
4. Lokasi memiliki jarak yang dekat dengan sumber air
5. Lokasi mudah untuk mendapatkan sumber energi
6. Lokasi memiliki kepadatan penduduk yang sedikit

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik dilakukan di Jalan Bypass, Kuranji. Lokasi tersebut memenuhi semua kriteria yang telah ditentukan. Lokasi tersebut dekat dengan sumber bahan baku yang dikumpulkan oleh setiap agen yang dikelola oleh lembaga seperti koperasi pada setiap Kantor camat di Kota Padang. Pertimbangan lokasi ini juga didukung oleh sumber energi dan sumber air yang mudah untuk dipasok di sekitaran pabrik, hal juga dapat dilakukan dengan pengeboran air tanah maupun dipasok oleh PDAM, sedangkan sumber energi dapat dipasok oleh PLN. Hal ini juga didukung kondisi infrastruktur yang cukup bagus seperti kondisi jalan yang cukup bagus untuk dilewati dalam melakukan kegiatan transportasi.

Pemasaran biodiesel adalah kepada perusahaan industri dan TBBM Pertamina di Teluk Kabung. Pendistribusian biodiesel dari pabrik ke *distribution center* dan Pertamina menggunakan konsep *distribution storage carrier delivery*. Pendistribusian biodiesel hasil olahan diprioritaskan untuk Pertamina sebanyak 65% sedangkan untuk kedua *distribution center* sebanyak 35%. Biodiesel didistribusikan ke konsumen melalui *distribution center* dan Terminal BBM Teluk Kabung. Setiap aliran material dari satu tempat ke tempat yang lain membutuhkan biaya transportasi dan biaya penyimpanan pada setiap pelaku yang terlibat. Total biaya rantai pasok dirumuskan sebagai berikut:

Total biaya rantai pasok = Biaya transportasi ke pabrik

- + Biaya produksi
- + Biaya distribusi ke DC dan Terminal BBM
- + Biaya persediaan koperasi
- + Biaya persediaan di DC
- + Biaya persediaan di Terminal BBM
- + Biaya persediaan minyak goreng bekas
di pabrik

(6)

BAB V

JARINGAN RANTAI PASOK

5.1 Model Jaringan

Model jaringan rantai pasok biodiesel yang dirancang terdiri beberapa alternatif mulai dari pemasok sampai ke konsumen. Model jaringan dievaluasi berdasarkan total biaya rantai pasok untuk masing-masing alternatif. Aktor yang terlibat di sepanjang rantai pasok adalah pemasok, agen yang terdapat di setiap kecamatan, pabrik, Pertamina, dan konsumen akhir melalui penjualan di SPBU maupun *distributor center*.

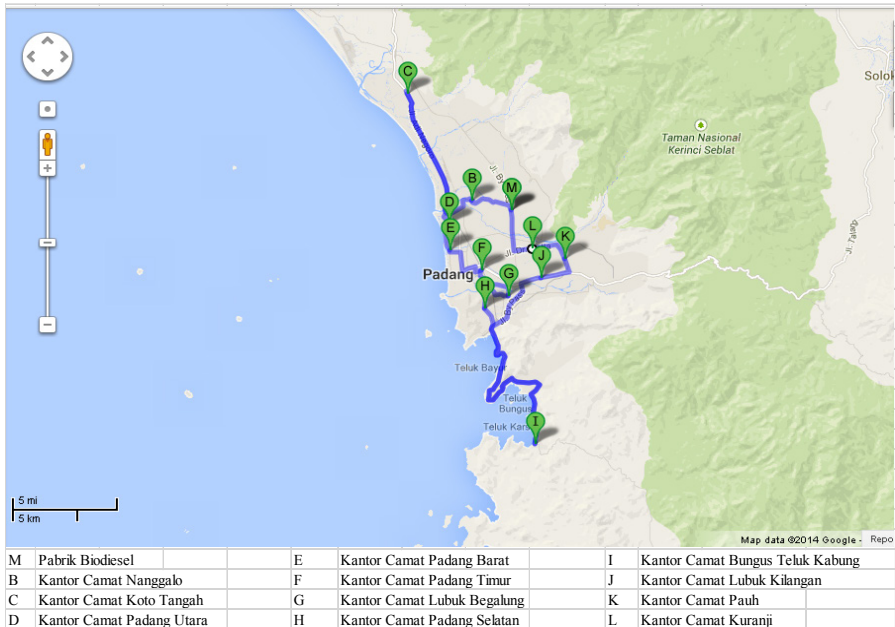
Rancangan jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-1 diawali dengan penjualan minyak goreng bekas yang dihasilkan oleh pemasok kepada agen yang terdapat di setiap kecamatan di Kota Padang. Pemasok adalah rumah tangga, rumah makan, restoran, *fastfood*, hotel dan industri makanan atau konsumen minyak goreng lainnya. Agen membeli minyak goreng bekas sebagai bahan baku biodiesel kepada pemasok. Kemudian minyak goreng bekas tersebut disimpan didalam drum yang berkapasitas 200 liter per drum sebelum didistribusikan ke pabrik. Biaya simpan minyak goreng bekas diasumsikan sebesar Rp 200,- per liter. Estimasi persediaan minyak goreng bekas per hari untuk alternatif-1 dapat dilihat pada Tabel 5.1. Asumsi ketersediaan minyak goreng bekas per rumah tangga (RT) adalah 0,0357 liter per hari.

Tabel 5.1 Estimasi Persediaan Minyak Goreng Bekas Alternatif-1

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah MGB RT (Liter)	Penghasil Lain (Liter)	Total MGB (Liter)	Standar Deviasi (Liter)
1	Kuranji	128.835	30.386	1.085	85	1.170	55
2	Padang utara	69.275	16.339	584	85	669	36
3	Padang selatan	57.386	13.535	484	85	569	30
4	Padang timur	77.952	18.385	657	85	742	22
5	Padang Barat	46.060	10.864	388	85	473	13
6	Nanggalo	57.731	13.616	487	85	572	63
7	Pauh	60.553	14.282	510	85	595	15
8	Lubuk begalung	108.008	25.474	910	85	995	32
9	Lubuk kilangan	49.750	11.734	419	85	504	32
10	Koto tengah	165.633	39.065	1395	85	1480	48
11	Bungus teluk kabung	23.142	5.459	195	85	280	16

Kegiatan transportasi untuk minyak goreng bekas dilakukan satu kali per hari yang dimulai dari pabrik dengan mengunjungi setiap agen yang terdapat di setiap kecamatan dengan sistem *routing* serta memperhatikan kedekatan jarak setiap agen supaya meminimasi jarak dan biaya. Penentuan jarak ini didapatkan dari jarak masing-masing agen dan pabrik dengan mencari jarak yang dapat dilalui oleh truk dengan jarak tempuh yang terpendek dengan menggunakan google earth. Penentuan biaya transportasi minyak goreng bekas ke pabrik dihitung berdasarkan jarak agen ke pabrik dikalikan dengan biaya transportasi per kilometer. Kegiatan pendistribusian ini juga dipengaruhi oleh jumlah truk yang tersedia. Pengaturan jadwal pendistribusian minyak goreng bekas dari agen ke pabrik yang disesuaikan dengan kapasitas truk adalah sangat penting untuk optimasi pendistribusian. Adapun jarak dan rute transportasi yang dilakukan untuk model alternatif-1 dapat dilihat pada Tabel 5.2, sedangkan rute distribusi dapat dilihat pada Gambar 5.1.

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)



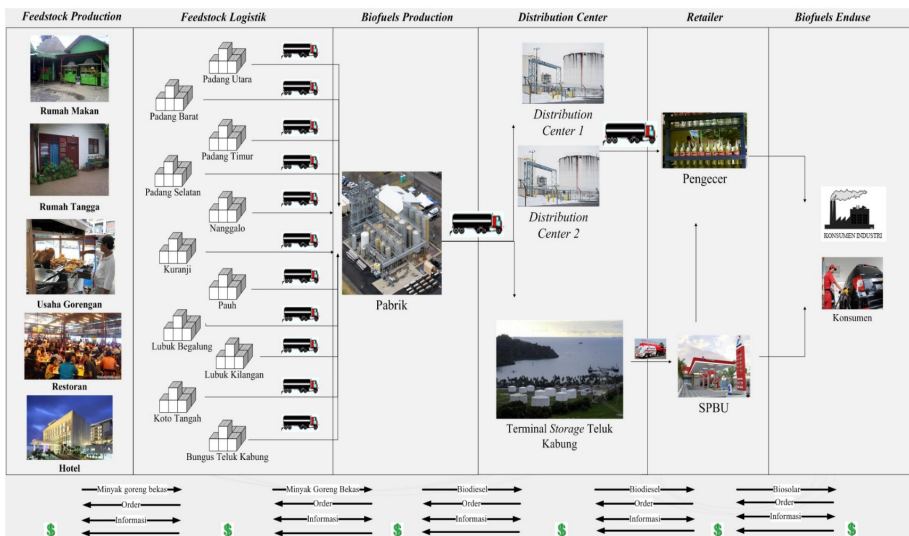
Gambar 5.1 Rute Pendistribusian Alternatif-1

Tabel 5.2 Jarak dan Rute Pendistribusian Alternatif-1

No	Dari	Tujuan	Jarak (km)	Waktu (menit)
1	Pabrik	Nanggalo	3.8	6
2	Nanggalo	Koto Tengah	13.3	16
3	Koto Tengah	Padang Utara	11.6	13
4	Padang Utara	Padang Barat	2.7	5
5	Padang Barat	Padang Timur	4.5	8
6	Padang Timur	Lubuk Begalung	3.7	6
7	Lubuk Begalung	Padang Selatan	3.4	5
8	Padang Selatan	Bungus Teluk Kabung	20.1	28
9	Bungus Teluk Kabung	Lubuk Kilangan	24.6	34
10	Lubuk Kilangan	Pauh	3.4	5
11	Pauh	Kuranji	3.4	5
12	Kuranji	Pabrik	4.7	8

Pabrik memproduksi biodiesel sesuai dengan ketersediaan bahan baku dan target produksi. Biodiesel disimpan di tangki timbun sebelum didistribusikan kepada konsumen. Pendistribusian ke *distribution center* untuk memenuhi permintaan industri yang membutuhkan biodiesel murni sebagai sumber energinya. Pendistribusian juga dilakukan ke terminal BBM Teluk Kabung untuk didistribusikan kepada konsumen akhir. Konsumen akhir ini adalah masyarakat Kota Padang yang membutuhkan solar tetapi sudah dicampur dengan biodiesel sebagai sumber energi yang mudah didapatkan di SPBU. Pendapatan perusahaan akan didapat dari hasil penjualan biodiesel kepada konsumen baik melalui *distribution center* maupun melalui SPBU milik Pertamina, dimana harga penjualan biodiesel akan disesuaikan berdasarkan ketetapan pemerintah. Model jejaring biodiesel di Kota Padang untuk alternatif-1 ini dapat dilihat pada Gambar 5.2.

Usulan alternatif-2 dirancang mengikuti pola alternatif-1 tetapi agen pengumpul minyak goreng bekas lebih sedikit. Alternatif-2 menyiapkan empat agen untuk melayani pembelian minyak goreng bekas untuk dua kecamatan. Biaya simpan yang dikeluarkan diasumsikan sama dengan model alternatif-1 yaitu Rp 200,- per liter per hari. Estimasi persediaan minyak goreng bekas yang dapat dikumpulkan oleh masing-masing agen yang diasumsikan terdistribusi normal dan memiliki standar deviasi sebagai dilihat pada Tabel 5.2.



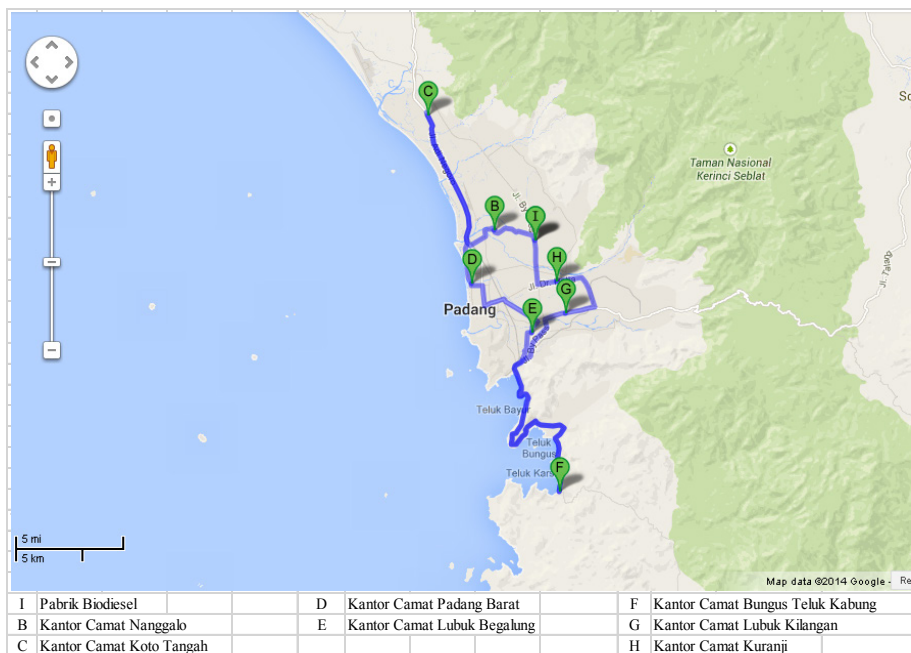
Gambar 5.2 Jaringan Alternatif -1

Tabel 5.2 Estimasi Persediaan Minyak Goreng Bekas Alternatif-2

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah MGB RT (Liter)	Penghasil Lain (Liter)	Total MGB (Liter)	Standar Deviasi (Liter)
1	Padang barat & Timur	124.012	29.249	1.045	133	1.178	21
2	Padang Selatan dan Lubeg	165.394	39.009	1.393	133	1.526	32
3	Nanggalo & Padang Utara	127.006	29.955	1.070	133	1.203	48
4	Kuranji	128.835	30.386	1.085	133	1.218	55
5	Koto Tengah	165.633	39.065	1.395	133	1.528	48
6	Pauh & Lubuk Kilangan	110.303	26.015	929	133	1.062	23
7	Bungus Teluk Kabung	23.142	5.459	195	133	328	16

Transportasi untuk jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-2 juga menggunakan sistem *routing* dengan memperhatikan kedekatan jarak setiap agen supaya meminimasi jarak dan biaya. Penentuan jarak ini didapatkan dari jarak masing-masing agen dan pabrik dengan mencari jarak yang dapat dilalui oleh truk dengan jarak tempuh yang terpendek. Penentuan biaya transportasi minyak goreng bekas ke pabrik dihitung berdasarkan jarak agen ke pabrik dikalikan dengan biaya transportasi per kilometer. Kegiatan pendistribusian ini juga dipengaruhi oleh jumlah truk yang dimiliki oleh perusahaan. Kapasitas satu truk tangki yang digunakan sebesar 16 kiloliter, sedangkan jumlah minyak goreng bekas yang akan di angkut sekitar 8.000 liter. Kebutuhan truk untuk pendistribusian adalah satu truk tangki yang berkapasitas 16 kiloliter untuk dioperasikan. Adapun jarak dan rute transportasi yang dilakukan untuk model alternatif-2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.3. Jaringan alternatif-2 dapat dilihat pada Gambar 5.4.

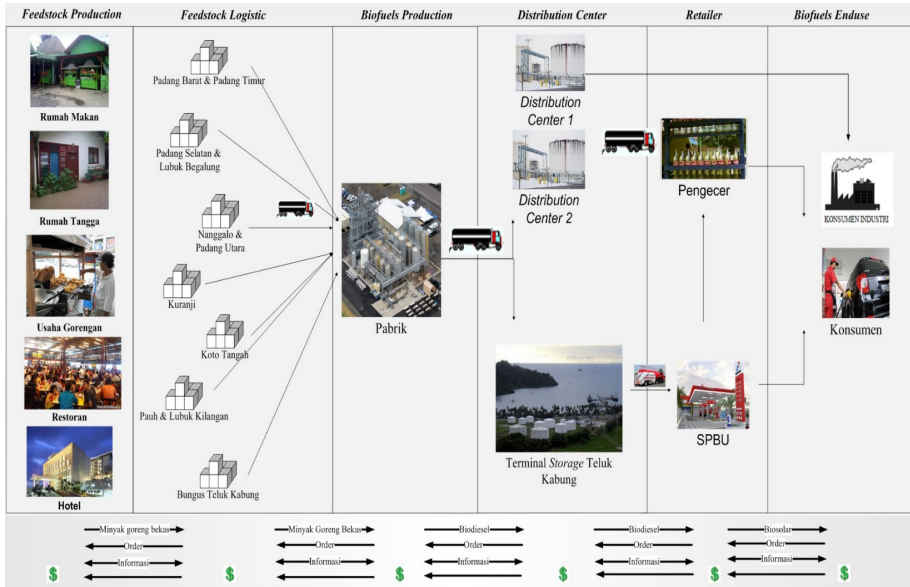
DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)



Gambar 5.3 Rute Pendistribusian Alternatif-2

Tabel 5.3 Jarak dan Rute Pendistribuaian Alternatif-2

No	Dari	Tujuan	Jarak (km)	Waktu (menit)
1	Pabrik	Nanggalo & Padang Utara	3,8	6
2	Nanggalo & Padang Utara	Koto Tangah	13,3	16
3	Koto Tangah	Padang Barat & Timur	14	17
4	Padang Barat & Timur	Padang Selatan dan Lubuk Begalung	8,3	13
5	Padang Selatan dan Lubuk Begalung	Bungus Teluk Kabung	21,6	30
6	Bungus Teluk Kabung	Lubuk Kilangan & Pauh	24,6	34
7	Lubuk Kilangan & Pauh	Kuranji	6,7	8
8	Kuranji	Pabrik	4,7	7



Gambar 5.4 Jaringan Alternatif -2

5.2 Model Simulasi

Pembuatan model simulasi bertujuan untuk mengevaluasi alternatif-alternatif jaringan rantai pasok biodiesel berdasarkan total biaya rantai pasok dari biodiesel mulai dari pemasok sampai ke konsumen. Perhitungan total biaya rantai pasok dihitung mulai dari biaya persediaan di pengepul minyak goreng bekas, biaya persediaan minyak goreng bekas di pabrik, biaya persediaan di *distribution centers*, biaya persediaan di terminal BBM, biaya transportasi dari agen ke pabrik, biaya produksi serta biaya pendistribusian ke *distribution centers* dan terminal BBM.

Ada empat variabel dari jaringan rantai pasok yaitu variabel independen, variabel dependen, variabel kebijakan dan variabel keputusan. Variabel independen merupakan variabel-variabel yang tidak bergantung pada variabel lain dan nilainya tidak dapat dikendalikan. Variabel independen tersebut antara lain jumlah penduduk, kapasitas muatan truk, jumlah truk, jarak pendistribusian minyak goreng bekas dari agen ke pabrik. Variabel dependen merupakan variabel yang nilainya tergantung pada variabel

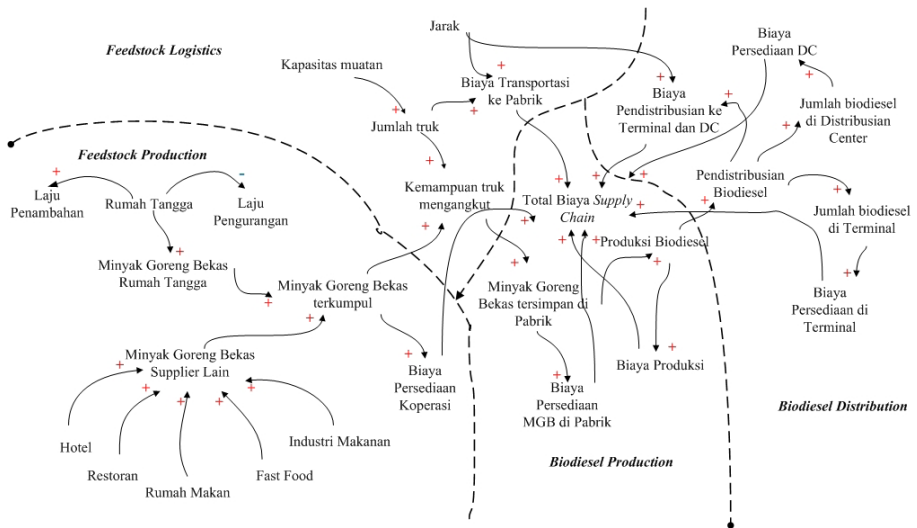
independen. Variabel-variabel dependen antara lain alokasi truk, jumlah minyak goreng bekas yang dihasilkan setiap harinya, kecepatan truk, laju kedatangan minyak goreng bekas yang dikumpulkan oleh agen, kapasitas tempat penyimpanan, persentase konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel, waktu yang digunakan dalam proses pendistribusian minyak goreng bekas dari agen ke pabrik, prioritas penjualan biodiesel ke konsumen.

Variabel kebijakan atau variabel kontrol, merupakan variabel yang sepenuhnya dapat dikendalikan oleh kebijakan-kebijakan pemerintah. Variabel-variabel kebijakan yang terlibat adalah harga biodiesel, persentase pencampuran biodiesel dengan solar, kualitas biodiesel yang akan dibeli Pertamina. Selanjutnya, variabel keputusan merupakan keluaran model yang diharapkan dari simulasi. Variabel-variabel dimaksud adalah jumlah minyak goreng bekas yang terkumpul, biaya transportasi dan penggunaan truk, jumlah produksi biodiesel dan biaya persediaan bahan baku serta biaya produksi biodiesel dan biaya pendistribusian biodiesel

Langkah pembuatan model berikutnya adalah membuat *causal loop diagrams* atau diagram sebab akibat. *Causal loop diagram* (CLD) menyatakan hubungan sebab akibat (*causal relationship*) dari variabel-variabel yang ada didalam sistem ke dalam bahasa gambar tertentu. Gambar yang ditampilkan berupa panah-panah yang saling mengait membentuk sebuah diagram simpul, yaitu hulu panah mengungkapkan sebab dan ujung panah mengungkapkan akibat (Muhammadi dan Soesilo, 2001). Model CLD menggambarkan total biaya rantai pasok yang menjelaskan kausalitas dari komponen biaya-biaya rantai pasok. Jumlah minyak goreng bekas terkumpul di setiap agen akan semakin besar seiring dengan banyaknya jumlah minyak goreng bekas yang dipasok per tahun baik dari rumah tangga maupun penghasil lainnya. Selain itu, jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan juga semakin besar yang disebabkan oleh pertumbuhan konsumsi minyak goreng oleh masyarakat.

Jumlah ketersediaan minyak goreng bekas bergantung jumlah minyak goreng bekas terkumpul. Jumlah minyak goreng bekas yang terkirim juga dipengaruhi oleh kapasitas truk pengangkut ke pabrik dan jumlah truk yang dialokasikan. Biaya transportasi ke pabrik akan semakin besar apabila jarak yang ditempuh juga semakin jauh, demikian sebaliknya. Jumlah produksi biodiesel akan semakin besar

apabila jumlah ketersediaan minyak goreng bekas di pabrik juga besar. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap biaya produksi apabila jumlah produksi biodiesel semakin besar juga. Peningkatan jumlah produksi biodiesel menyebabkan jumlah pemenuhan permintaan konsumen juga semakin besar dan biaya persediaan di DC dan Terminal BBM yang semakin meningkat. Model *causal loop* diagram rantai pasok biodiesel dengan pendekatan dinamika sistem di Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 5.5.

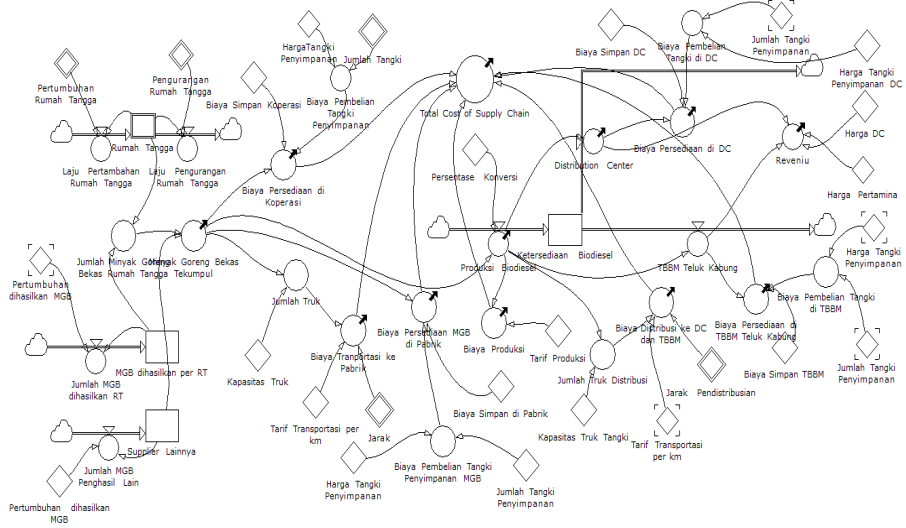


Gambar 5.5 Causal Loop Diagram

Level (stock) adalah variabel yang menyatakan keadaan sistem pada suatu waktu dan merupakan akumulasi hasil setiap aktivitas sistem. Perubahan *stock* hanya disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada *flow*. *Flow* menggambarkan aliran yang berubah sesuai fungsi waktu dan merupakan proses yang langsung mempengaruhi *stock*. *Level* dan *flow* digunakan sebagai *input* dalam powersim studio. Dalam *level* dan *flow* terdapat nama variabel, dimensi, satuan dan definisi dari variabel tersebut. Nama variabel diambil berdasarkan *causal loop* yang telah dibuat. Tabel 5.4 adalah rincian *level* dan *flow* model rantai pasok biodiesel dari minyak goreng bekas di Kota Padang untuk kedua alternatif dengan pendekatan dinamika system, sedangkan diagram *level* dan *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Tabel 5.4 Rincian *Level* dan *Flow*

Variabel	Satuan	Formula
Biaya Distribusi ke DC dan TBBM	Rupiah/yr	$ARRSUM ('Jarak\ Pendistribusian' * 'Jumlah Truk\ Distribusi' * 'Tarif Transportasi\ per\ km')$
Biaya Pembelian Tangki di DC	Rupiah/yr	$('Harga\ Tangki\ Penyimpanan\ DC' * 'Jumlah\ Tangki\ Penyimpanan') / 10 <<yr>>$
Biaya Pembelian Tangki di TBBM	Rupiah/yr	$('Harga\ Tangki\ Penyimpanan' * 'Jumlah\ Tangki\ Penyimpanan') / 10 <<yr>>$
Biaya Pembelian Tangki Penyimpanan	Rupiah/yr	$(ARRSUM ('Harga\ Tangki\ Penyimpanan' * 'Jumlah\ Tangki')) / 10 <<yr>>$
Biaya Pembelian Tangki Penyimpanan MGB	Rupiah/yr	$('Harga\ Tangki\ Penyimpanan' * 'Jumlah\ Tangki\ Penyimpanan') / 10 <<yr>>$
Biaya Persediaan di DC	Rupiah/yr	$('Biaya\ Simpan\ DC' * 'Distribution\ Center') + 'Biaya\ Pembelian\ Tangki\ di\ DC'$



Gambar 5.6 Level dan Flow Model Rantai Pasok Biodiesel

Level dan *Flow* diterjemahkan dalam formula logika simulasi yang merupakan penjelasan tentang bagaimana model bekerja. Logika simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.7. Algoritma difokuskan pada proses komputasi dari setiap variabel.

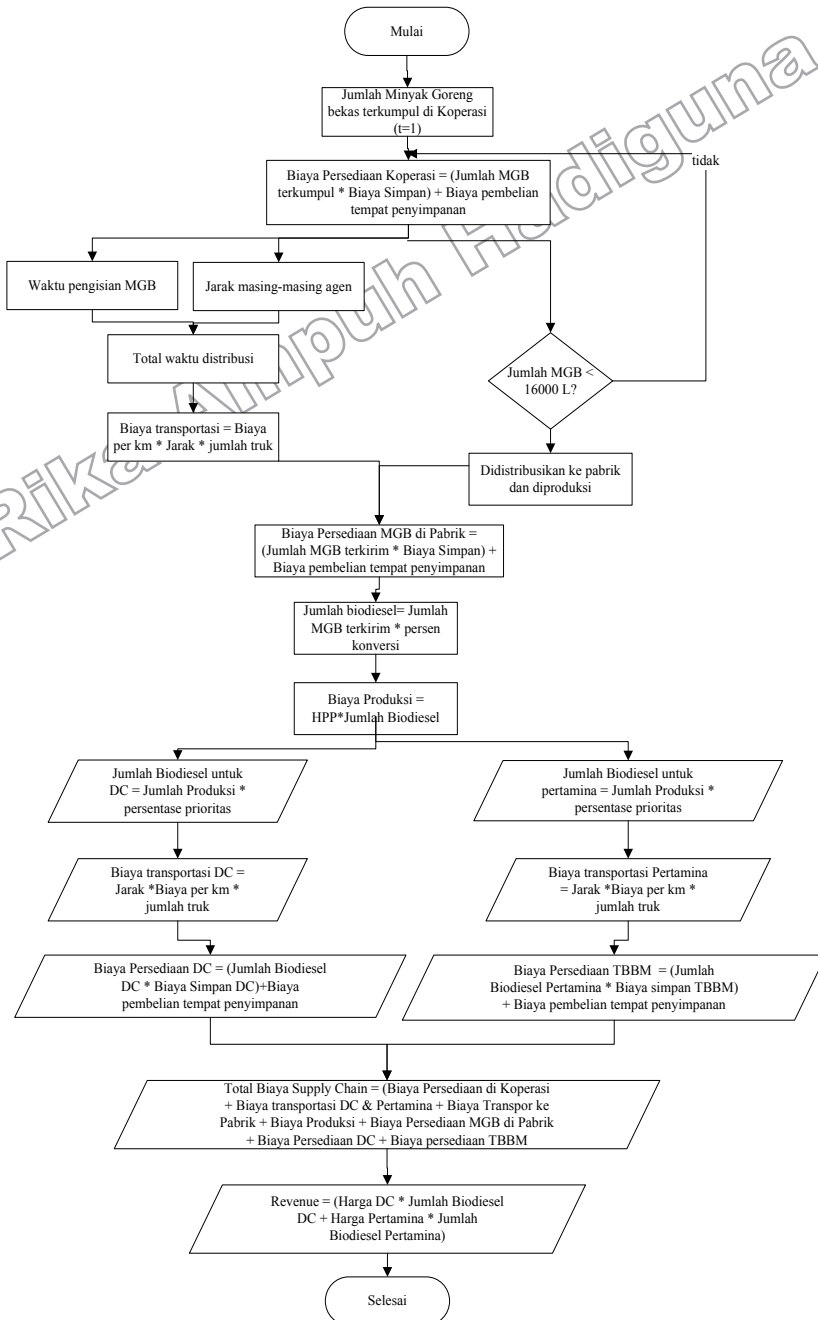
5.3 Verifikasi dan Validasi

Tahap verifikasi merupakan tahapan untuk melakukan pengujian apakah simulasi yang telah dibuat sesuai dengan model konseptual yang diinginkan, sedangkan validasi merupakan pengujian apakah model simulasi dan model konseptual yang telah dibuat tersebut sudah sesuai dengan sistem nyata. Tujuan verifikasi dan validasi adalah pengujian terhadap keabsahan model baik kesesuaiannya dengan asumsi konseptual yang ditetapkan maupun perilaku sistem nyata.

Verifikasi model dilakukan dengan teknik pengecekan *level* dan *flow* dari model simulasi yang dibuat apakah sudah sesuai dengan keluaran dari hasil simulasi dan pengkodean model. Keluaran simulasi memperlihatkan nilai dari formulasi matematis *level* dan *flow* selama 11 tahun sampai tahun 2025 untuk memprediksi total biaya rantai pasok serta untuk mencapai energi *mix* tahun 2015 yang ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Verifikasi dilakukan pada keluaran Total biaya rantai pasok pada tahun 2020 dan 2025 berdasarkan perhitungan manual untuk kedua alternatif, apakah sama hasilnya dengan keluaran dari model.

Tabel 5.5 adalah luaran simulasi untuk kedua alternatif. Total biaya rantai pasok untuk setiap alternatif dan skema tahun 2020 serta tahun 2025 telah dihasilkan untuk mengarahkan kebijakan sistem rantai pasok yang perlu dipertimbangkan oleh pemerintah kota. Berdasarkan hasil perhitungan antara konseptual dengan keluaran hasil simulasi model dengan parameter total biaya rantai pasok didapatkan nilai yang hampir sama. Hal ini berarti model simulasi sudah bekerja sesuai dengan asumsi yang ditetapkan.

DINAMIKA JARINGAN RANTAI PASOK BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS
(Analisis, Pemodelan dan Kebijakan)



Gambar 5. Algoritma Level dan Flow dari Model Rantai Pasok

Tabel 5.6 Perhitungan Total Biaya Rantai Pasok

No	Variabel	Alternatif 1		Alternatif 2	
		2020	2025	2020	2025
1	Rumah Tangga	200,507	202,230	200,507	202,230
	Laju Penambahan Rumah Tangga	444	447	443	447
	Laju Pengurangan Rumah Tangga	100	101	60	101
	Jumlah Rumah Tangga	200,850	202,576	200,890	202,576
	Minyak Goreng Bekas dihasilkan per RT	14,4724	16,4858	14,3158	16,4858
	Jumlah MGB dihasilkan RT	0.33644	0.38324	0.33280	0.38324
	Persentase Pertumbuhan	2.38%	2.38%	2.38%	2.38%
2	Jumlah Minyak Goreng Bekas dihasilkan Rumah Tangga	2,906,795.86	3,339,639.97	2,875,900.14	3,339,639.97
3	Minyak Goreng Bekas dihasilkan Supplier Lain	383,866.44	431,773.20	374,942.79	431,773.20
	Jumlah MGB dihasilkan Supplier Lain	8,923.64	10,038.20	8,716.19	10,038.20
	Persentase Pertumbuhan	2.38%	2.38%	2.38%	2.38%
4	Jumlah Minyak Goreng Bekas Terkumpul	3,290,662.30	3,771,413.17	3,250,842.93	3,771,413.17
	Produksi Biodiesel	2,959,950.74	3,348,260.61	2,811,979.14	3,194,386.96
	Biaya Persediaan di Koperasi	Rp 662,642,460.52	Rp 758,792,634.04	Rp 654,678,586.20	Rp 758,792,634.04
	Biaya Transportasi ke Pabrik	Rp 115,491,110.00	Rp 115,491,110.00	Rp 120,235,380.00	Rp 120,246,001.50
	Biaya Persediaan MGB di Pabrik	Rp 659,832,460.52	Rp 755,982,634.04	Rp 651,868,586.20	Rp 755,982,634.04
	Biaya Produksi	Rp 13,372,169,463.47	Rp 15,126,436,969.18	Rp 12,703,678,139.56	Rp 14,431,281,947.39
	Biaya Distribusi ke DC dan TBBM	Rp 95,119,920.00	Rp 95,119,920.00	Rp 99,027,360.00	Rp 99,036,108.00
	Biaya Persediaan di DC	Rp 415,053,103.77	Rp 469,416,485.75	Rp 394,337,078.94	Rp 447,874,173.72
	Biaya Persediaan di TBBM Teluk Kabung	Rp 771,287,192.71	Rp 872,247,759.26	Rp 732,814,575.18	Rp 832,240,608.35
	Revenu	Rp 27,053,949,774.47	Rp 30,603,101,998.43	Rp 25,701,489,296.67	Rp 29,196,696,770.30
	Total Cost of Supply Chain	Rp 16,091,595,710.99	Rp 18,193,487,512.28	Rp 15,356,639,706.07	Rp 17,445,454,107.05
	Model				
	Total Cost of Supply Chain	Rp 16,094,774,644.77	Rp 18,195,466,913.78	Rp 15,355,234,996.23	Rp 17,444,628,884.74

Validasi merupakan pengujian apakah model simulasi dan model konseptual yang telah dibuat tersebut sudah sesuai dengan sistem nyata. Teknik validasi yang digunakan adalah membandingkan hasil simulasi untuk kedua alternatif dengan variabel-variabel yang telah ditetapkan sehingga didapatkan strategi rantai pasok yang terbaik. Teknik ini digunakan dikarenakan model ini belum memiliki sistem nyata. Makna sistem nyata yang digunakan dalam pemodelan ini adalah kebijakan pemerintah dalam implementasi bioenergi. Variabel yang ditetapkan sebagai parameter performansi untuk mendapatkan total biaya rantai pasok selama 11 tahun mendatang untuk mencapai energi mix 2025 di Kota Padang.

Tabel 5.7 Perbandingan Pendapatan Jaringan Rantai Pasok Biodiesel Selama 11 Tahun di Kota Padang

No	Variabel	Satuan	Alternatif-1	Alternatif-2
1	Minyak Goreng Bekas Tekumpul	Liter	36.685.055,29	36.881.306,80
2	Produksi Biodiesel	Liter	32.630.752,82	30.950.812,70
3	Biaya Persediaan di Koperasi	Rupiah	7.386.621.058,63	7.425.871.359,29
4	Biaya Transportasi ke Pabrik	Rupiah	1.299.529.829,98	1.322.716.792,49
5	Biaya Persediaan MGB di Pabrik	Rupiah	7.355.711.058,63	7.394.961.359,29
6	Biaya Produksi	Rupiah	147.415.952.031,39	139.826.486.535,24
7	Biaya Distribusi ke DC dan TBBM	Rupiah	1.046.572.300,11	1.089.406.063,24
8	Biaya Persediaan di DC	Rupiah	4.575.565.395,31	4.340.373.778,01
9	Biaya Persediaan di TBBM Teluk Kabung	Rupiah	8.502.695.734,15	8.065.911.302,03
10	Total Biaya Rantai Pasok	Rupiah	177.582.647.408,19	169.465.727.189,58
11	Pendapatan	Rupiah	298.245.080.808,13	282.890.428.078,90

Berdasarkan perbandingan tersebut didapatkan strategi terbaik untuk diimplementasikan adalah jaringan alternatif-1 karena menggunakan total biaya rantai pasok yang lebih minimum per unit. Selain itu, model alternatif-1 juga memproduksi biodiesel lebih banyak sehingga mendapatkan keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan model alternatif-2. Alternatif-1 mencakup semua kecamatan yang ada di Kota Padang tempat pengumpulan minyak goreng bekas sebagai bahan baku utama dalam memproduksi biodiesel.

BAB VI

PEMBAHASAN DAN EVALUASI SISTEM

6.1 Operasional Jaringan Rantai Pasok

Model jaringan rantai pasok biodiesel yang dirancang menggambarkan seluruh aktivitas yang akan terjadi di sepanjang mata rantai pasokan serta pemangku kepentingan yang terlibat. Aktivitas dimaksud adalah aliran material yang dideskripsikan dengan aliran minyak goreng bekas yang dikumpulkan agen, pengiriman minyak goreng bekas, produksi biodiesel, pendistribusian biodiesel sampai penjualan yang dilakukan kepada konsumen baik melalui SPBU maupun *distribution center*. Selain itu, aliran informasi dan uang akan mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*).

Jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-1 adalah aktivitas yang terjadi disepanjang rantai pasok di Kota Padang dengan pemangku kepentingan dan *requirement*-nya. Minyak goreng bekas yang dikumpulkan dari pemasok oleh agen yang terdapat di sebelas kecamatan di Kota Padang dikelola oleh Koperasi yang terdapat di setiap kantor camat dengan membeli Rp 1.500,- per liter. Pemasok yang dimaksud adalah semua elemen masyarakat yang menggunakan minyak goreng dalam aktivitas sehari-hari seperti rumah tangga, *fastfood*, rumah makan, restoran, hotel, usaha gorengan dan industri makanan.

Aktivitas pengumpulan minyak goreng bekas yang dilakukan oleh agen setiap hari di setiap kantor kecamatan akan berpengaruh terhadap aktivitas lain yang menjadi kewajiban pokok dari agen. Hal ini dikarenakan agen tersebut merupakan koperasi yang bergerak di bidangnya masing-masing. Agen mendapatkan keuntungan sebanyak Rp 200,- per liter dari minyak goreng yang dikumpulkan. Selain itu, kegiatan ini membutuhkan tangki timbun sebagai penyimpanan

minyak goreng bekas sementara sebelum didistribusikan ke pabrik yang didefinisikan sebagai biaya persediaan di koperasi.

Kegiatan pendistribusian minyak goreng bekas dilakukan dengan sistem *routing* menggunakan satu truk tangki yang berkapasitas 16.000 liter yang dimulai dari pabrik menuju tempat seluruh agen dan kembali ke pabrik. Melalui sistem ini diharapkan menghasilkan biaya transportasi yang dikeluarkan minimum dengan jarak yang minimal. Biaya transportasi dihitung berdasarkan jarak per kilometer. Jarak yang harus ditempuh oleh truk tangki per hari adalah 99,2 kilometer yang membutuhkan waktu 139 menit selama diperjalanan dengan asumsi kecepatan truk 40-45 km/jam. Perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk bongkar muat adalah 15 menit disetiap agen.

Kegiatan transformasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel yang dilakukan di pabrik disesuaikan dengan teknologi yang dikembangkan oleh Pertamina, ITB dan PT. Rekayasa Industri beserta *layout* pabrik yang berkapasitas 8 ton biodiesel per hari. Analisis neraca energi melalui proses transesterifikasi untuk 100 kilogram minyak goreng bekas yang direaksikan dengan sepuluh kilogram methanol dan satu kilogram KOH sebagai katalis menghasilkan 95 kilogram biodiesel dan sepuluh kilogram gliserol. Biodiesel yang dihasilkan dengan teknologi tersebut sudah memenuhi kualitas yang ditetapkan Badan Standarisasi Nasional Republik Indonesia.

Kegiatan pengiriman ke *distribution centers* dilakukan oleh perusahaan biodiesel sedangkan ke Terminal BBM Teluk kabung dilakukan oleh Pertamina. Kegiatan distribusi menggunakan truk tangki dilakukan dengan skala prioritas pendistribusian. Pendistribusian untuk dua unit *distribution centers* sebanyak 35% hasil produksi per hari, sedangkan 65% hasil produksi dijual ke Pertamina. Jarak yang ditempuh selama kegiatan distribusi biodiesel adalah 46,4 km dengan waktu yang dibutuhkan 66 menit perjalanan.

Pada terminal BBM Teluk Kabung dilakukan proses *blending* antara biodiesel dengan solar sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan oleh pemerintah yang dikontrol dan uji kualitas oleh Pertamina. Pengontrolan kualitas yang dilakukan oleh Pertamina antara lain:

1. Pemeriksaan kualitas oleh produsen dilakukan terhadap biodiesel apakah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dalam SNI-04-7182-2006.

2. Pemeriksaan terhadap tujuh parameter produk FAME/Biodiesel yang dilakukan Pertamina saat biodiesel sampai di tangki penerimaan/terminal BBM.
3. Pemeriksaan terhadap produk (solar), yaitu pemeriksaan yang dilakukan oleh Pertamina untuk memeriksa kualitas solar sebelum di *blending* dengan biodiesel sesuai dengan persentase yang telah ditetapkan pemerintah. Persentase *blending* yang ditetapkan oleh pemerintah untuk tahun 2014 yaitunya 10% melalui
4. Pengambilan sampel produk (biosolar) dilakukan untuk mengontrol atau memeriksa biosolar hasil *blending* sebelum di distribusikan ke seluruh SPBU.

Pengguna akhir dari biosolar ini adalah perusahaan industri maupun masyarakat yang membutuhkan biosolar sebagai sumber energinya yang dapat membeli biosolar tersebut di SPBU. Konsumen yang ingin membeli biodiesel murni (B100) dapat langsung membeli di *distribution center* yang terdapat di Jalan By pass, Padang atau di pengecer yang menyediakan biodiesel murni (B100).

Jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-2 yang diusulkan mengurangi jumlah agen yang terdapat di Kota Padang menjadi tujuh agen dengan menggabungkan dua kecamatan menjadi satu agen. Kecamatan yang digabungkan yaitunya Padang Barat dan Padang Timur, Padang Selatan dan Lubuk Begalung, Nanggalo dan Padang Utara, Pauh dan Lubuk Kilangan sedangkan kecamatan lainnya memiliki satu agen per kecamatan. Penggabungan menjadi satu agen diharapkan dapat mengurangi biaya transportasi ke pabrik, selain itu daerah kedua kecamatan juga berdekatan yang diasumsikan memudahkan pemasok untuk menjual minyak goreng bekas ke agen. Kecamatan yang memiliki satu agen per kecamatan dikarenakan kecamatannya yang luas diharapkan agen tersebut mudah diakses oleh masyarakat untuk menjual minyak goreng bekas.

6.2 Hasil Simulasi

Jaringan rantai pasok dievaluasi dengan model simulasi sistem dinamis. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui serta memprediksi kondisi dengan model yang dirancang untuk evaluasi apabila diimplementasikan di Kota Padang. Sistem dinamis dipilih

untuk menggambarkan pengaruh waktu terhadap semua variabel sistem. Pembuatan model ini terdiri dari beberapa tahap yaitu menentukan ukuran performansi yang akan dicapai dari model, menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dan parameter dari model, membuat *causal loop* diagram untuk melihat keterkaitan masing-masing variabel, menentukan *level* dan *flow* dan membuat logika dari model yang dibangun.

Jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-1 dievaluasi dengan ukuran performansi total biaya rantai pasok mulai dari pembelian minyak goreng bekas oleh agen sampai penjualan biodiesel hasil olahan ke *distribution centers* atau terminal BBM Teluk Kabung, Padang. Total biaya rantai pasok digunakan sebagai ukuran performansi untuk mengetahui biaya yang harus dikeluarkan disepanjang rantai pasok biodiesel yang di Kota Padang.

Variabel-variabel yang digunakan untuk model alternatif-1 saling berkaitan satu variabel dengan variabel lainnya yang bisa dilihat pada *causal loop diagrams*. Diagram ini juga membantu dalam mempermudah pembuatan model simulasi karena hubungan masing-masing variabel sudah didefinisikan terlebih dahulu. Sebagai contoh, apabila jumlah minyak goreng bekas yang terkirim ke pabrik yang ditransportasikan oleh truk semakin besar, maka akan menyebabkan persediaan minyak goreng bekas di Pabrik akan semakin besar. Selain itu, laju kedatangan minyak goreng bekas di setiap agen akan semakin besar seiring dengan banyaknya jumlah minyak goreng bekas yang dipasok oleh pemasok.

Konseptualisasi model simulasi dibangun dengan menggunakan bentuk *level* dan *flow* berdasarkan *causal loop* diagram yang telah dirancang sebelumnya. Pembuatan *level* dan *flow* dilakukan dengan menggunakan beberapa simbol yang mempunyai arti tersendiri seperti *auxiliary*, *contant*, *array*, *information link*, *flow and rate*, *level*, *flow*, dan *initialization link*. *Auxiliary* digunakan untuk mendukung perhitungan dari variabel yang lainnya seperti produksi biodiesel didapatkan dari perkalian persentase konversi biodiesel dengan jumlah minyak goreng bekas yang terkirim ke pabrik. *Constant* digunakan untuk menginisialkan variabel yang mempunyai nilai yang tetap atau tidak berubah seperti konversi persentasi yang dapat diubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel yang terdistribusi random antara 80% - 95%. *Array* digunakan untuk variabel yang

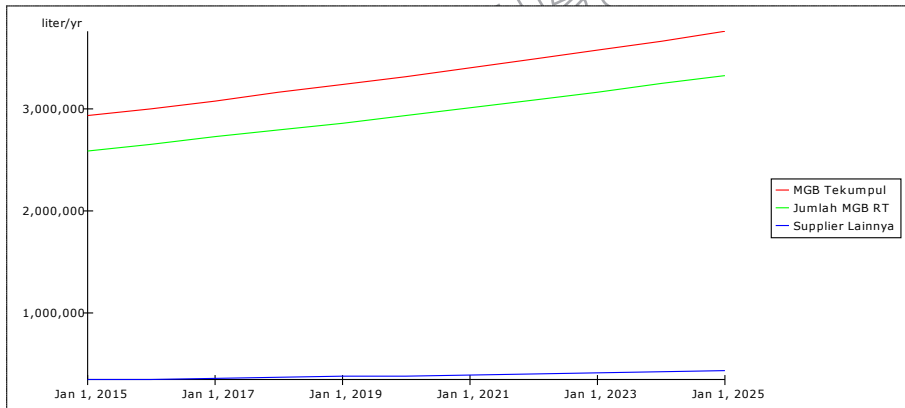
mengandung nilai yang berulang seperti untuk menentukan jarak setiap agen di Kota Padang untuk kegiatan transportasi sebanyak 11 agen. Selain itu untuk menghubungkan antar variabel digunakan unit satuan sebagai satuan yang dapat dibaca oleh model yang di bangun. Contoh satuan yang digunakan seperti *liter/yr* yang digunakan untuk menyatakan banyaknya biodiesel yang dihasilkan per tahun. Apabila satuan dari variabel yang dihubungkan tidak sama, maka *software* tidak bisa memproses atau melakukan perhitungan untuk mencari nilai yang diinginkan berdasarkan rumus yang dimasukan.

Jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-2 juga dievaluasi dengan ukuran performansi total biaya rantai pasok yang dihitung mulai dari pembelian minyak goreng bekas oleh agen sampai penjualan biodiesel hasil olahan ke *distribution centers* atau Terminal BBM Teluk Kabung. Penetapan ukuran performansi yang sama memang dibutuhkan untuk membandingkan kinerja sistem alternatif-1 dan alternatif-2. Total biaya rantai pasok merupakan gambaran operasional rantai pasok yang perlu dikendalikan agar efektif dan efisien.

Variabel-variabel yang digunakan juga hampir sama dengan model jaringan rantai pasok biodiesel alternatif-1 yang dibangun berdasarkan *causal loop diagram* (CLD) yang telah dirancang. Perbedaannya adalah agen untuk alternatif-2 ini hanya berjumlah tujuh buah yang terdiri dari empat agen minyak goreng bekas melayani pembelian minyak goreng bekas untuk dua kecamatan. Pengurangan agen diharapkan dapat mengefisienkan waktu transportasi dan meminimalkan biaya transportasi pendistribusian minyak goreng bekas ke pabrik. Kelemahannya adalah pengurangan jumlah agen dikhawatirkan mengakibatkan masyarakat sebagai pemasok akan sulit untuk menjual minyak goreng bekas dikarenakan lokasi agen yang jauh sehingga membuat pemasok dapat membatalkan penjualannya. Pembuatan *level* dan *flow* untuk model alternatif-2 juga menggunakan simbol dan satuan untuk mengkoneksikan semua variabel yang telah didefinisikan pada CLD.

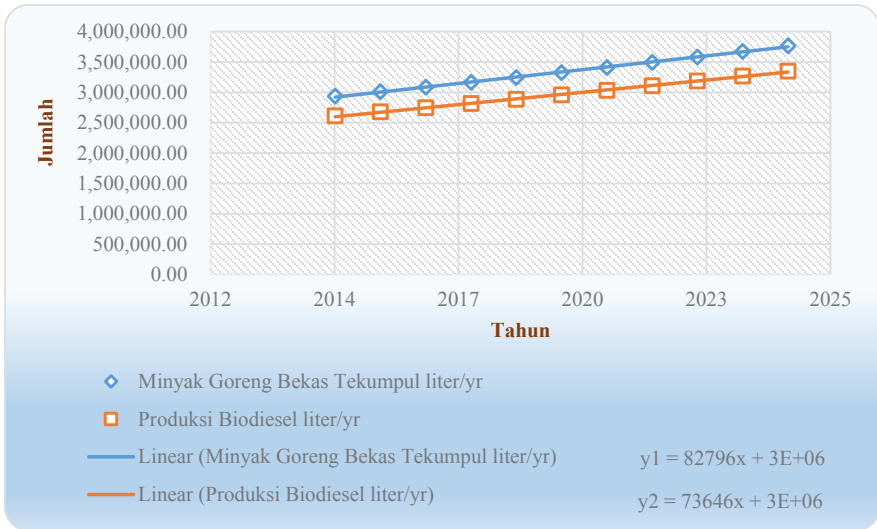
Simulasi jaringan rantai pasok biodiesel selama periode 11 tahun. Pemilihan periode ini untuk memprediksi total biaya rantai pasok biodiesel yang harus dikeluarkan sampai tercapainya energi *mix* 2025 yang ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap total biaya rantai pasok adalah jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan ataupun jumlah produksi biodiesel. Berdasarkan

Gambar 6.1, jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan mengalami peningkatan secara kontiniu hingga tahun 2025. Pasokan terbanyak adalah dari sektor rumah tangga sebesar 2.594.880,7 liter pada tahun 2015 dan pada tahun 2025 menjadi 3.332.954,9 liter. Hal ini menunjukkan potensi ketersediaan dan kontinuitas bahan baku biodiesel.



Gambar 6.1 Jumlah Minyak Goreng Bekas yang dikumpulkan dari Alternatif-1

Peningkatan jumlah yang dikumpulkan dari masyarakat semakin tinggi sebesar 82.796 liter per tahun berdasarkan *gradient* kurva yang terbentuk pada Gambar 6.2. Hal ini dikarenakan konsumsi minyak goreng per kapita yang semakin meningkat sebesar 2,38% per tahun berdasarkan data BPS tahun 2013. Selain itu, peningkatan ini juga dikarenakan pertumbuhan penduduk per kecamatan di Kota Padang mengalami peningkatan sebesar 2,21% per tahun. Peningkatan pasokan minyak goreng bekas dari penghasil lainnya seperti *fastfood*, restoran, rumah makan, industri makanan dan hotel juga semakin meningkat yang dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan konsumsi minyak goreng sebesar 2,38% per tahun. Berdasarkan grafik pada Gambar 6.1, peningkatan terjadi secara kontiniu setiap tahun yang mana pada tahun 2016, jumlah minyak goreng bekas yang dipasok oleh pemasok lainnya sebesar 349.397,3 liter menjadi 357.713 liter pada tahun 2017. Namun, berdasarkan grafik diatas, peningkatan jumlah minyak goreng bekas yang dipasok oleh rumah tangga lebih signifikan dibandingkan dengan jumlah yang dipasok oleh pemasok lainnya.

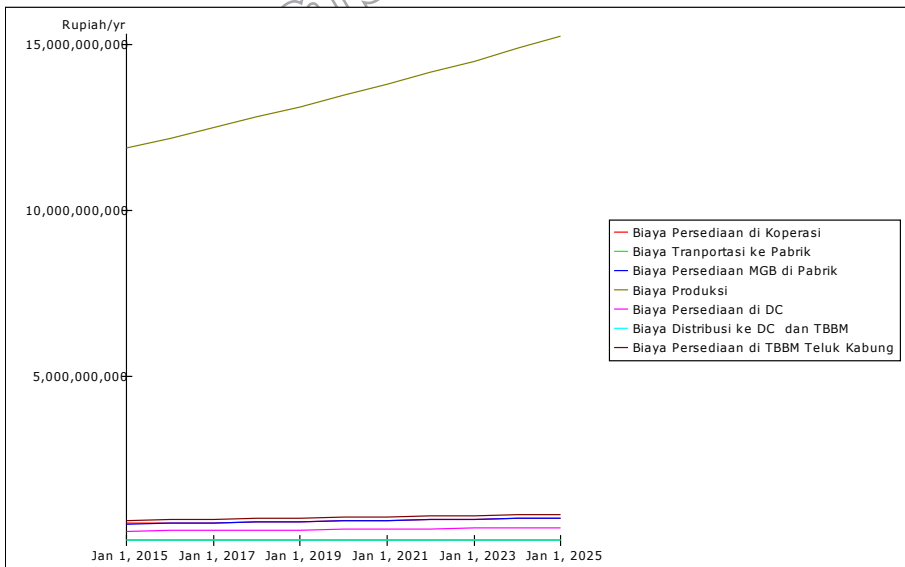


Gambar 6.2 Jumlah Minyak Goreng Bekas Yang Terkumpul dan Jumlah Produksi Biodiesel per Tahun Model Alternatif-1

Peningkatan jumlah produksi biodiesel di pabrik terjadi sebesar 73.646 liter per tahun yang disebabkan oleh peningkatan jumlah minyak goreng bekas yang dipasok oleh rumah tangga maupun pemasok lainnya. Peningkatan tersebut dapat dilihat dari Gambar 6.2 yang mengestimasi jumlah rata-rata produksi per tahun sebesar 2.966.432,07 liter. Peningkatan jumlah produksi biodiesel dapat dilakukan dengan melakukan penelitian atau pengembangan teknologi proses produksi di pabrik yang memperbesar faktor persentase konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel sekaligus meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Namun, hasil produksi biodiesel pada tahun 2025 sebesar 3.372.058,69 liter hanya mampu memenuhi 0,22% kebutuhan biodiesel di Kota Padang sebesar 1.553.464.000 liter sebagaimana Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan energi nasional yang dikeluarkan pemerintah untuk mencapai energi *mix* 2015. Hal ini menunjukkan biodiesel hasil produksi akan selalu habis setiap hari di DC dan TBBM Teluk Kabung.

Total biaya rantai pasok sebagai keluaran utama dari model simulasi didapatkan dari penjumlahan semua variabel penyusun sebagai biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan di sepanjang jaringan rantai pasok. Variabel penyusun tersebut adalah biaya persediaan

minyak goreng bekas (MGB) di koperasi, biaya transportasi ke pabrik, biaya persediaan MGB di pabrik, biaya produksi, biaya persediaan di *Distribution Center* (DC), biaya distribusi ke DC dan TBBM, dan biaya persediaan di terminal BBM Teluk Kabung. Total biaya ini mengalami peningkatan setiap tahunnya dikarenakan semua biaya variabel penyusunnya mengalami peningkatan setiap tahunnya seperti yang ditunjukkan Gambar 6.3 kecuali biaya transportasi MGB ke pabrik dan biaya distribusi ke DC dan TBBM yang sama setiap tahun dikarenakan biaya yang dikeluarkan dihitung berdasarkan jarak yang ditempuh dan rute transportasinya tidak berubah.

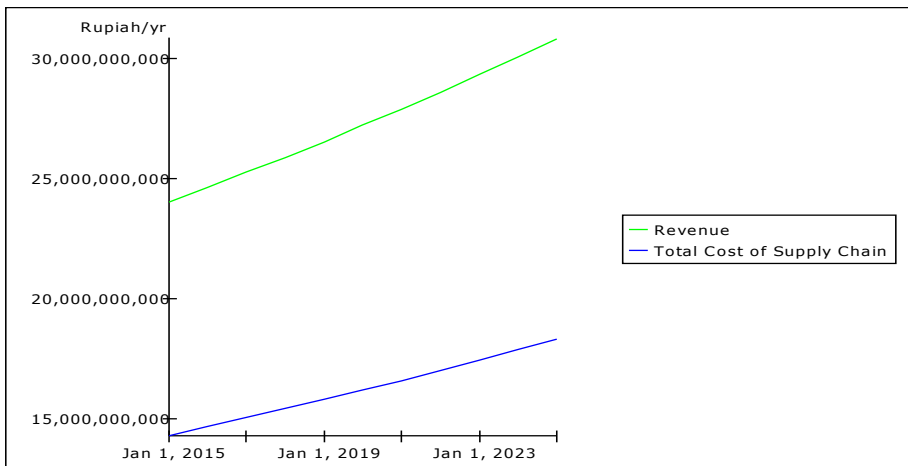


Gambar 6.3 Biaya Variabel yang Mempengaruhi Total Biaya Rantai Pasok Jaringan Alternatif-1

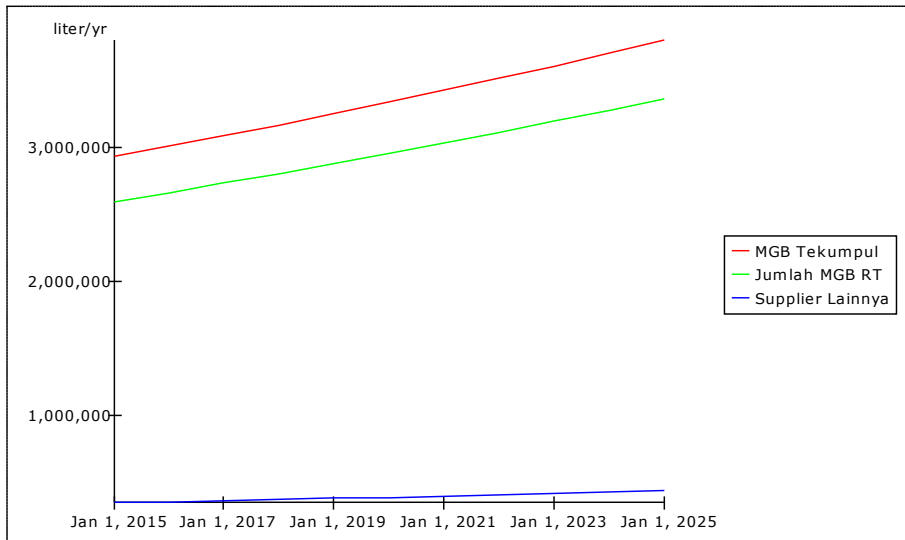
Total biaya rantai pasok biodiesel yang harus dikeluarkan sampai tahun 2025 yang selaras dengan target yang ditetapkan oleh pemerintah untuk mencapai energi *mix* 2025 sebesar Rp 177.582.647.408,19. Total biaya ini dapat diminimasi dengan menekan biaya produksi yang tinggi. Salah satunya adalah menekan harga bahan baku serta melakukan pengembangan teknologi produksi sehingga menghasilkan jumlah biodiesel yang diproduksi menjadi lebih banyak dengan kualitas yang lebih baik. Peningkatan hasil produksi biodiesel akan mengakibatkan total biaya rantai pasok per liter akan berkurang.

Pendapatan (*revenue*) industri biodiesel diperoleh dari penjualan biodiesel yang dilakukan di DC maupun yang dibeli oleh Pertamina dengan harga yang telah ditetapkan. Pendapatan perusahaan cenderung semakin meningkat yang disebabkan dengan jumlah biodiesel yang diproduksi yang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Selain itu, pendapatan biodiesel juga dikarenakan biodiesel selalu habis setiap hari di *Distribution Center* dan TBBM Teluk Kabung dikarenakan permintaan akan biodiesel yang tinggi sedangkan penawaran biodiesel hanya 0,22% dari total permintaan biodiesel pada tahun 2025. Total pendapatan yang didapatkan selama 11 tahun sebesar Rp 298.245.080.808,13 dengan rata-rata pendapatan setiap tahunnya sebesar Rp 27.113.189.164,38. Hasil analisis ini dapat dilihat pada Gambar 6.4.

Jaringan rantai pasok alternatif-2 juga dilakukan simulasi selama periode 11 tahun. Pemilihan periode ini untuk memprediksi total biaya rantai pasok biodiesel yang harus dikeluarkan sampai tercapainya energi *mix* 2015 yang ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap total biaya rantai pasok adalah jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan ataupun jumlah produksi biodiesel.

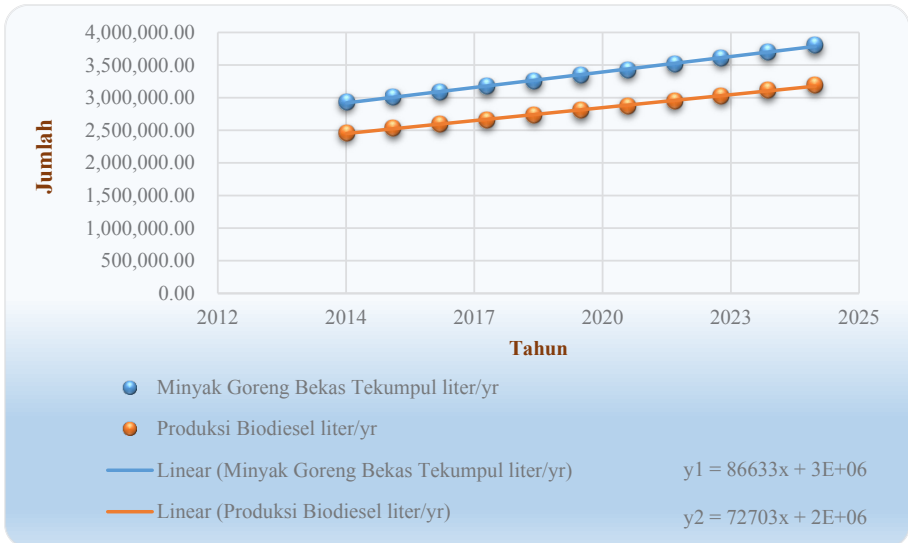


Gambar 6.4 Grafik Total Biaya Rantai Pasok dan Pendapatan dari Jaringan Alternatif-1



Gambar 6.5 Jumlah Minyak Goreng Bekas yang dikumpulkan dari Alternatif-2

Berdasarkan Gambar 6.5, Jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan juga mengalami peningkatan secara kontiniu sampai tahun 2025. Pasokan minyak goreng bekas terbanyak adalah berasal dari dari sektor rumah tangga sebesar 3,341,637,5 liter pada tahun 2020 dan pada tahun 2025 menjadi 3,803,184,5 liter. Peningkatan jumlah yang dikumpulkan dari masyarakat pada alternatif-2 ini semakin meningkat sebesar 86,633 liter per tahun berdasarkan *gradient* kurva yang terbentuk pada Gambar 6.6 dengan peningkatan konsumsi minyak goreng per kapita sebesar 2,38% per tahun berdasarkan data BPS tahun 2013. Selain itu peningkatan ini disebabkan oeh pertumbuhan penduduk per kecamatan di Kota Padang yang meningkat sebesar 2,21% per tahun. Sedangkan peningkatan penyuplaian minyak goreng bekas dari penghasil lainnya meningkat sebesar 2,38% per tahun yang disebabkan oleh faktor pertumbuhan konsumsi minyak goreng. Berdasarkan grafik pada Gambar 5.5, peningkatan terjadi secara kontiniu setiap tahun yang mana pada tahun 2018, jumlah minyak goreng bekas yang di *supply* oleh *pemasok* lainnya sebesar 366,226,57 liter menjadi 374,942,76 liter pada tahun 2019. Namun, berdasarkan grafik diatas, peningkatan jumlah minyak goreng bekas yang di *supply* oleh rumah tangga lebih signifikan dibandingkan dengan jumlah yang di *supply* oleh *pemasok* lainnya.

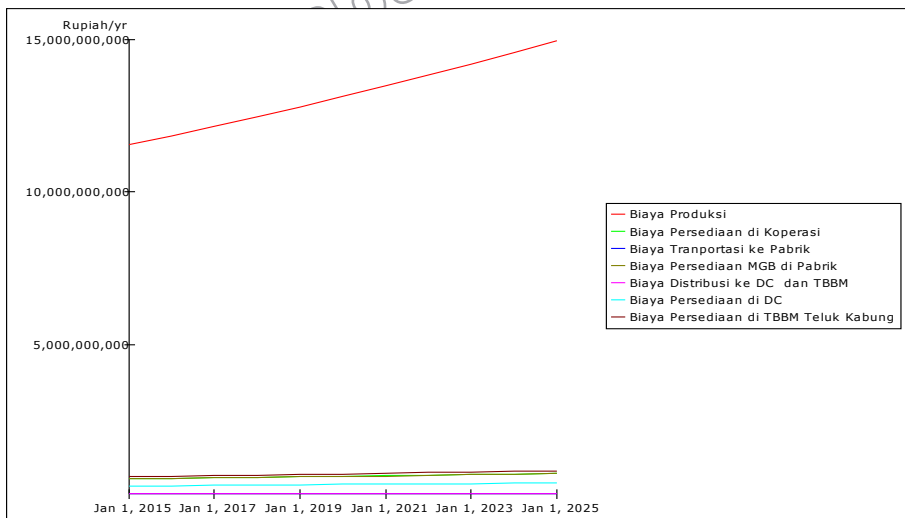


Gambar 6.6 Jumlah Minyak Goreng Bekas Yang Terkumpul dan Jumlah Produksi Biodiesel per Tahun Model Alternatif-2

Peningkatan jumlah produksi biodiesel di pabrik terjadi sebesar 72.703 liter per tahun yang lebih kecil dibandingkan dengan alternatif 1. Peningkatan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah minyak goreng bekas yang di *supply* oleh rumah tangga maupun pemasok lainnya. Peningkatan tersebut dapat dilihat dari Gambar 6.6 yang mengestimasi jumlah rata-rata produksi per tahun sebesar 2.813.710,25 liter. Peningkatan jumlah produksi biodiesel dapat dilakukan dengan melakukan penelitian atau pengembangan teknologi proses produksi di pabrik yang memperbesar faktor persentase konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel sekaligus meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Namun, hasil produksi biodiesel pada tahun 2025 sebesar 3.191.634,54 liter hanya mampu memenuhi 0,21% kebutuhan biodiesel di Kota Padang sebesar 1.553.464.000 liter sebagaimana Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan energi nasional yang dikeluarkan pemerintah untuk mencapai energi *mix* 2015. Penurunan persentase pemenuhan kebutuhan biodiesel dikarenakan penurunan persentase faktor persentase konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel

yang hanya sebesar 83,92%. Salah satu solusinya adalah melakukan pengembangan teknologi proses produksi biodiesel di pabrik.

Total biaya pada alternatif-2 ini juga mengalami peningkatan setiap tahunnya dikarenakan semua biaya variabel penyusunnya mengalami peningkatan setiap tahunnya seperti yang ditunjukkan Gambar 6.7, kecuali biaya transportasi MGB ke pabrik dan biaya distribusi ke DC dan terminal BBM yang sama setiap tahun dikarenakan biaya yang dikeluarkan dihitung berdasarkan jarak yang ditempuh dan rute transportasinya tidak berubah.

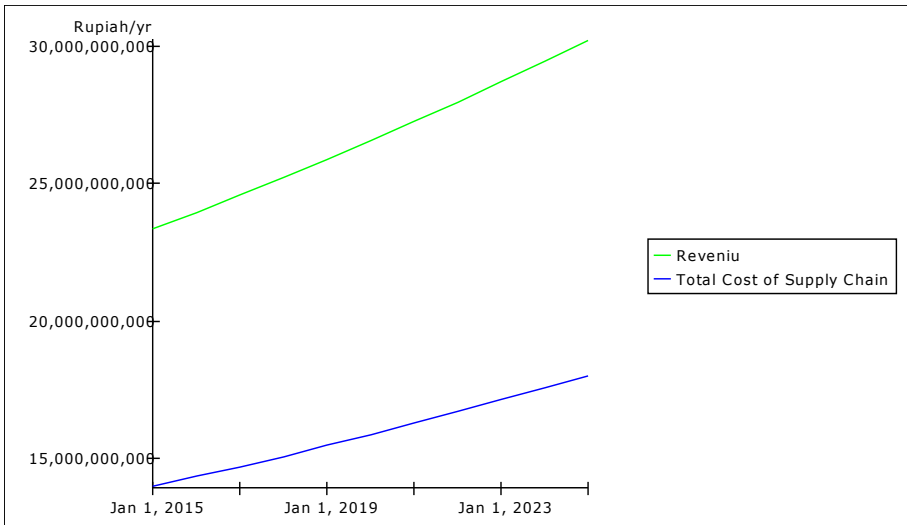


Gambar 6.7 Biaya Variabel yang Mempengaruhi Total Biaya *Rantai pasok* Model Alternatif-2

Total biaya rantai pasok biodiesel yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sampai tahun 2025 yang disesuaikan dengan target yang ditetapkan oleh pemerintah untuk mencapai energi *mix* 2025 sebesar Rp169.465.727.189,58. Total biaya ini dapat diminimasi dengan menurunkan biaya produksi melalui penurunan harga bahan baku serta melakukan pengembangan teknologi produksi sehingga menghasilkan jumlah biodiesel yang diproduksi menjadi lebih banyak dengan kualitas yang lebih baik. Total biaya rantai pasok sampai tahun 2025 pada alternatif-2 ini lebih minimal dibandingkan dengan alternatif-1, namun berdasarkan total biaya rantai pasok yang dihitung per liter diperoleh alternatif-1 sebesar Rp 5.442,19 per liter

lebih minimal dibandingkan dengan alternatif-2 sebesar Rp 5.475,32 per liter.

Pendapatan akan semakin meningkat yang disebabkan dengan jumlah biodiesel yang diproduksi yang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Selain itu, pendapatan biodiesel juga dikarenakan biodiesel selalu habis setiap hari di *Distribution Center* dan terminal BBM Teluk Kabung dikarenakan permintaan akan biodiesel yang tinggi sedangkan penawaran biodiesel hanya 0,21% dari total permintaan biodiesel pada tahun 2025. Total pendapatan yang didapatkan selama 11 tahun sebesar Rp 282.890.428.078,90 dengan rata-rata pendapatan setiap tahunnya sebesar Rp 27.113.189.164,38. Gambar 6.8 menunjukkan perbandingan antara total biaya dan pendapatan tersebut.



Gambar 6.8 Total Biaya Rantai Pasok dan Pendapatan Jaringan Alternatif-2

6.3 Faktor-Faktor Keberhasilan Jaringan Rantai Pasok

Keberhasilan jaringan rantai pasok yang dirancang akan baik apabila memenuhi faktor-faktor berikut:

1. Jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan dari masyarakat baik dari rumah tangga maupun pemasok lainnya terus meningkat. Peningkatan tersebut akan mempengaruhi jumlah biodiesel yang dihasilkan, tetapi jumlah yang diproduksi tersebut juga disesuaikan dengan kapasitas total yang bisa

diproduksi pabrik dalam satu hari yaitu 8.000 ton atau setara dengan 9.600 liter.

2. Kualitas biodiesel yang dihasilkan oleh perusahaan harus memenuhi standard SNI-04-7182-2006 dan uji kualitas yang dilakukan oleh Pertamina sehingga tidak menimbulkan masalah nantinya setelah digunakan konsumen seperti menyebabkan kehausan pada mesin kendaraan akibat *blending* yang kurang bagus.
3. Pengembangan dan penelitian sangat diperlukan untuk menghasilkan cara atau teknologi terbaru yang dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel yang lebih banyak dengan kualitas yang lebih baik.
4. Dukungan dari pemerintah dalam bentuk regulasi maupun kemudahan perizinan lainnya seperti memberdayakan koperasi di setiap kantor camat di setiap kecamatan di Kota Padang untuk mengumpulkan minyak goreng bekas dan kebijakan lainnya untuk mendukung biodiesel sebagai sumber energi terbarukan masa depan yang dapat menghemat penggunaan minyak bumi.
5. Manajemen perusahaan yang kontiniu melakukan pengembangan untuk menciptakan *good corporate* dan membuat kinerja dalam jaringan rantai pasok menjadi lebih bagus dengan menetapkan *key performance indicator* sebagai kriteria penilaian kinerja rantai pasok bodiesel.

Faktor-faktor keberhasilan ini adalah elemen-elemen kunci dalam perumusan kebijakan dalam penerapan sistem rantai pasok biodiesel. Konsep yang dirumuskan ini adalah peran serta masyarakat dalam penanganan limbah minyak goreng bekas untuk diolah menjadi biodiesel. Nilai ekonomis bagi masyarakat apabila kebijakn ini diterapkan tidak terlalu besar tetapi nilai manfaatnya sangat besar. Kemanfaatannya bersumber dari produksi biodiesel sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Mintak goreng bekas sebagai limbah juga dapat dikurangi bahkan ditranformasikan menjadi produk bernilai ekonomis. Pengembangan teknologi proses biodiesel menjadi penting untuk menghasilkan biodiesel yang berkualitas baik.

BAB VII

REKOMENDASI DAN IMPLIKASI

7.1 Rekomendasi

Pembangunan industri biodiesel dari minyak goreng bekas merupakan langkah strategis yang patut dilakukan oleh pemerintah daerah. Penemuan teknologi proses biodiesel dari minyak goreng bekas adalah langkah maju yang perlu ditindak lanjuti menjadi kegiatan bisnis. Sebagai produk yang relatif baru diperkenalkan di Indonesia, manajemen operasional yang harus dihadapi pabrik biodiesel adalah harga bahan baku yang sangat fluktuatif, harga biodiesel yang bersaing dengan harga solar dan kontinuitas pasokan minyak goreng bekas. Hasil kajian yang dibahas secara komprehensif ini fokus pada perancangan sistem rantai pasok biodiesel. Rancangan ini sangat bermanfaat bagi pemerintah daerah dalam mempersiapkan kebijakan produksi biodiesel di daerah. Disamping itu, peluang bisnis biodiesel juga bagian yang tidak terlepas dari pengurangan limbah minyak goreng bekas.

Ada dua jaringan rantai pasok yang diusulkan dan dievaluasi menggunakan teknik simulasi sistem dinamis. Model jaringan rantai pasok biodiesel yang dirancang di Kota Padang melibatkan masyarakat sebagai pemasok minyak goreng bekas, koperasi yang terdapat di setiap kantor camat sebagai agen, perusahaan biodiesel, Pertamina, *distribution centers*, pengecer dan konsumen sekaligus sebagai para pemangku kepentingan. Rancangan model jaringan rantai pasok yang dirancang bertujuan meminimasi total biaya rantai pasok untuk 11 tahun sampai dengan tahun 2025. Ringkasan dari hasil analisis dan evaluasi sebagai berikut:

Tabel 7.1 Perbandingan Total Biaya Rantai Pasok Setiap Alternatif

No	Variabel	Satuan	Alternatif-1	Alternatif-2
1	Minyak Goreng Bekas Tekumpul	Liter	36.685.055,29	36.881.306,80
2	Produksi Biodiesel	Liter	32.630.752,82	30.950.812,70
3	Biaya Persediaan di Koperasi	Rupiah	7.386.621.058,63	7.425.871.359,29
4	Biaya Tranportasi ke Pabrik	Rupiah	1.299.529.829,98	1.322.716.792,49
5	Biaya Persediaan MGB di Pabrik	Rupiah	7.355.711.058,63	7.394.961.359,29
6	Biaya Produksi	Rupiah	147.415.952.031,39	139.826.486.535,24
7	Biaya Distribusi ke DC dan TBBM	Rupiah	1.046.572.300,11	1.089.406.063,24
8	Biaya Persediaan di DC	Rupiah	4.575.565.395,31	4.340.373.778,01
9	Biaya Persediaan di terminal BBM	Rupiah	8.502.695.734,15	8.065.911.302,03
10	Total Biaya Rantai pasok	Rupiah	177.582.647.408,19	169.465.727.189,58
11	Pendapatan	Rupiah	298.245.080.808,13	282.890.428.078,90

Berdasarkan perbandingan tersebut alternatif-1 lebih baik dari alternatif-2 untuk di implementasikan karena biodiesel yang dihasilkan lebih banyak dan total biaya rantai pasok lebih minimal bila dihitung per liter. Selain itu, model ini dapat melayani pengumpulan minyak goreng bekas dari pemasok dikarenakan agen terdapat di setiap kecamatan di Kota Padang dan relatif mudah untuk di akses. Meskipun demikian, analisis biaya ini belum memasukan *time value of money* maupun analisis investasi yang mendalam. Paling tidak, analisis ini menggambarkan secara umum potensi bisnis yang positif dalam pemanfaatan minyak goreng bekas menjadi biodiesel. Skala usaha pengolahan adalah menengah dan berorientasi pada pemberdayaan masyarakat melalui kelembagaan koperasi.

Prilaku total biaya rantai pasok dan pendapatan untuk setiap tahun dapat dilihat pada Tabel 7.2. Kedua alternatif jaringan rantai pasok menunjukkan perbedaan yang cukup nyata.

Tabel 7.2 Perbandingan Alternatif Jaringan per Tahun

Tahun	Alternatif-1 (Rp)		Alternatif-2 (Rp)	
	Total Biaya Rantai Pasok	Pendapatan	Total Biaya Rantai Pasok	Pendapatan
2015	14.239.685.504,99	23.870.592.501,36	13.519.644.51,98	22.521.174.714,27
2016	14.592.484.877,39	24.471.365.085,61	13.867.996.633,53	23.111.411.131,81
2017	14.954.166.917,27	25.087.263.725,95	14.225.488.522,04	23.717.133.679,63
2018	15.324.955.352,21	25.718.669.402,09	14.592.360.228,39	24.338.749.083,61
2019	15.705.079.546,82	26.365.972.692,84	14.968.858.108,88	24.976.674.761,78
2020	16.094.774.644,77	27.029.574.018,07	15.355.234.996,23	25.631.339.105,65
2021	16.494.281.714,48	27.709.883.886,71	15.751.750.370,03	26.303.181.768,90
2022	16.903.847.898,43	28.407.323.151,07	16.158.670.531,60	26.992.653.963,79
2023	17.323.726.566,27	29.122.323.267,54	16.576.268.783,48	27.700.218.765,19
2024	17.754.177.471,79	29.855.326.563,83	17.004.825.613,69	28.426.351.422,80
2025	18.195.466.913,78	30.606.786.513,06	17.444.628.884,74	29.171.539.681,45

Faktor-faktor yang berpengaruh nyata terhadap keberhasilan jaringan yang dirancang adalah kemudahan pemasok untuk menjual minyak goreng bekas kepada agen yang berdampak terhadap jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan, jumlah biodiesel yang dihasilkan tergantung dari jumlah minyak goreng bekas yang dikumpulkan, kualitas biodiesel yang dihasilkan harus memenuhi standar SNI-04-7182-2006 dan kebijakan pemerintah dalam mendukung biodiesel sebagai sumber energi terbarukan masa depan. Selain itu faktor yang berpengaruh adalah keseriusan manajemen perusahaan dalam mengelola perusahaan agar mampu bekerja lebih baik.

7.2 Implikasi

Kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan industri biodiesel adalah permasalahan pada aspek pasokan bahan baku dan aspek pasar atau distribusi. Minyak goreng sebagai salah satu bahan pokok yang dikonsumsi setiap hari oleh masyarakat dan usaha bidang pangan sangat potensial dimanfaatkan limbahnya untuk biodiesel. Penerapan jaringan rantai pasok yang diusulkan ini harus diantisipasi dengan mengatasi dua aspek krusial tersebut.

Faktor harga minyak goreng bekas akan menentukan kontinuitas dan tingkat persediaan bahan baku yang optimal. Tingkat persediaan yang optimal akan menurunkan biaya produksi biodiesel. Faktor kedua, harga jual biodiesel yang kompetitif akan ditentukan dengan minimisasi biaya produksi. Biaya produksi akan dipengaruhi oleh berbagai kendala diantaranya kapasitas dan tingkat permintaan. Dan faktor lainnya adalah resiko bisnis yang perlu diperhitungkan. Dengan kata lain ada faktor ketidakpastian terhadap pasokan minyak goreng bekas dapat memicu resiko ketersediaan pasokan bahan baku.

Pemerintah Kota Padang perlu melakukan dua hal kunci ketika proyek biodiesel dari minyak goreng bekas dibangun. Pertama, harga minyak goreng bekas harus dibeli dengan harga yang kompetitif. Hal ini perlu dilakukan untuk menjamin pasokan bahan baku bagi pabrik biodiesel. Pola *cash and carry* yang dilakukan para pengepul akan menjadi daya tarik tersendiri bagi para pemasok. Kedua adalah pembangunan pabrik biodiesel dalam skala menengah dengan melibatkan masyarakat. Kepemilikan pabrik biodiesel perlu dirumuskan dengan baik untuk menjaga keberlanjutan bisnis. Pemerintah perlu membangun kelembagaan yang tepat untuk menjaga efektivitas rantai pasok biodiesel yang diusulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfath, S. (2011). Perancangan Jejaring Logistik Sampah di Kota Padang. Tugas Akhir. Universitas Andalas.
- Avami, A. (2012). A Model for Biodiesel Supply Chain: A Case Study in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 4196– 4203.
- Austin, J. E. (1981). *Agroindustrial Project Analysis*. Maryland: The John Hopkins University Press.
- Brown, J. G. (1994). *Agroindustrial Investment and Operations*. Washinton: The World Bank.
- Burer S, Jones, P.C., Lowe, T. J. (2007). Coordinating The Supply Chain in The Agricultural Seed Industry. *European Journal of Operational Research* 185(1): 354-377.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Standar Nasional Indonesia 3741: 2013 Minyak Goreng. Diakses pada 11 Desember 2013 dari <http://www.bsn.go.id/>
- Ballou, R. H. (1998). *Business Logistic Management: Planning, Organizing, and Controlling The Supply Chain*. 4th edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Bowersox, D. J. (2002). *Manajemen Logistik: Integrasi Sistem-Sistem Manajemen Distribusi Fisik dan Manajemen Material*. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara
- Chopra S., Meindl, P. (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 4th edition. New Jersey: Prentice Hall
- Djohar, S., Tanjung, H., Cahyadi, E. R. (2003). Building A Competitive Advantage on CPO Through Supply Chain Management: A Case Study in PT. Eka Dura Indonesia, Astra Agrolestari, Riau. *Jurnal Manajemen & Agribisnis* 1(1): 20-32.
- Elviyanti (2007). *Desain Sistem Penentuan Kualitas Biodiesel Berbasis Minyak Nabati*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Energiterbarukan.net. (2013). Biodiesel. Diakses pada 20 Desember 2013 dari http://www.energiterbarukan.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&itemid=42&limit=1&limitstart=1.

- Fransiska, E. (2010). Karakteristik, Pengetahuan, Sikap, Dan Tindakan Ibu Rumah Tangga Tentang Penggunaan Minyak Goreng Berulang Kali Di Desa Tanjung Selamat Kecamatan Sunggal Tahun 2010. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Massachusetts: Pegasus Communications.
- Gigler, J. K, Hendrix, E. M. T, Heesen, R. A, Hazelkamp, V. G. W. van den, Meerdink, G. (2002). On Optimisation of Agri-Chains by Dynamic Programming. *European Journal of Operational Research* 139: 613–625.
- Grunow, M., Günther, H. O., Westinner, R. (2007). Supply Optimization for The Production of Raw Sugar. *International Journal of Production Economics* 110(1-2): 224-239.
- Ginting, E. (2011). Final Profil Investasi. Diakses pada 15 Desember 2013 dari [http:// pphp.deptan.go.id/](http://pphp.deptan.go.id/).
- Hadiguna, R.A., Machfud, Eriyatno, Suryani A., Yandra. (2009). Manajemen Rantai Pasok Minyak Sawit Mentah, *Journal Logistics and Supply Chain Management* 2(1): 12-23.
- Hadiguna, R. A. (2011). *Pemodelan Kuantitatif untuk Keputusan Bisnis*, Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Haryono. Fairus, S., Sari, Y dan Rakhmawati, I. (2010). Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas dari KFC Dago Bandung. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*: 52 – 56.
- Hidayatno, A., Halim, Y. (2004). Design of Geneshoes Business Simulation Game With System Dynamics Approach. *Jurnal Teknologi* 4: 1-10.
- Hidayat, L. M. (2009). *Dinamika Sistem Distribusi Minyak Solar Dalam Situasi Kelangkaan: Studi Kasus di Jawa Timur*. Disertasi. Universitas Indonesia.
- Ivan. (2012). *Model Dinamika Sistem Pasokan dan Distribusi BBM pada Gangguan Pendistribusian BBM PT. Pertamina Padang*. Tugas Akhir. Universitas Andalas.
- Kazemzadeh, N. (2013). *Optimization Models for Biorefinery Supply Chain Network Design under Uncertainty*. Thesis. Iowa State University.

- Ketaren, S. (2005). Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta: UI Press.
- Kusumaningtyas, N. W. (2011). Proses Esterifikasi Transesterifikasi In Situ Minyak Sawit Dalam Tanah Pemucat Bekas Untuk Proses Produksi Biodiesel. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Leiras, A., Hamacher, S., Scavarda, L. F. (2008). An Integrated Supply Chain Perspective Evaluation for Biodiesel Production in Brazil Brazilian. *Journal of Operations & Production Management* 5(2): 29-47.
- Leão, R. R. de C. C., Hamacher, S., Oliveira, F. (2011). Optimization of Biodiesel Supply Chains Based on Small Farmers: A Case Study in Brazil. *Bioresource Technology* 102: 8958–8963.
- Labordena, M., Chang, J. K. W., Amindezfooli, S., Hasan, R. (2012). Biodiesel Supply Chain Dynamics: System Boundaries. Research Report. Department of Energy Technology, KTH - Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- Lee K. T., Foglia, T. A., Chang, K. S. (2002). Production of Alkyl Ester as Biodiesel from Fractionated Lard and Restaurant Grease. *Journal of American Oil Chemical Society* 79(2): 191-195.
- Ministry of Energy and Mineral Resources. (2012). Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2012. Diakses pada 3 November 2013 dari <http://www.esdm.go.id/>.
- Milan, E. L., Fernandez, S. M., Aragones LMP. 2006. Sugar Cane Transportation in Cuba, A Case Study. *European Journal of Operational Research* 174: 374–386.
- Muhammadi, E. A., Soesilo, B. (2001). Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi dan Manajemen. Jakarta: UMJ Press.
- Philpott, A., Everett, G. (2001). Supply Chain Optimisation in The Paper Industry. *Annals of Operations Research* 108: 225-237.
- Purnomo, H. (2003). Model Dinamika Sistem Untuk Pengembangan Alternatif Kebijakan Pengelolaan Hutan Yang Adil dan Lestari. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 2(9), 45-62.
- Pujawan, I. N. (2005). Supply Chain Management. Surabaya: Penerbit Guna Widya.

- Ruben, R., Boselie, D., Lu, H. (2007). Vegetables Procurement by Asian Supermarkets: A Transaction Cost Approach. *Supply Chain Management: An International Journal* 12: 60-68.
- Ruben, R., Slingerland, M., Nijhoff, H. (2006). *Agro-food Chains and Networks for Development*. Ruben R, Slingerland M, Nijhoff H, (editors). *Agro-food Chains and Networks for Development*. Netherlands: Springer: 1-25.
- Render, B., Stair, R. M. (1985). *Quantitative analysis for management*. Boston: Allyn and Bacon
- Salazar, F., Caro, M., Cavazos, J. (2012). Final Review of the Application of the SCOR Model: Supply Chain for Biodiesel Castor – Colombia Case. *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy* 1: 39-47.
- Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-levi E. (2007). *Designing and Managing the Supply Chain*, 3rd edition, McGraw Hill.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World*. Working Paper Series. MIT Sloan School of Management.
- Somantri, A.S., Machfud. (2006). Analisis Sistem Dinamik Untuk Kebijakan Penyediaan Ubi Kayu: (Studi Kasus Di Kabupaten Bogor). *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 2: 1-13.
- Vorst, J. G. A. J. van der. (2004). *Supply Chain Management: Theory and Practice*. Camps, T., Diederens, P., Hofstede, G. J., Vos, B. (Editors). *The Emerging World of Chains & Networks*. Hoofdstuk: Elsevier.
- Vorst, J. G. A. J. van der. (2006). *Performance Measurement in Agrifood Supply Chain Networks: An Overview*. Â J. Wijnands, R. Huirne, O. van Kooten, Editor. *Quantifying the Agri-food Supply Chain*. Netherlands: Springer Science Business Media: 13–24.
- Vorst, J. G. A. J. van der, Silva C. A. da, Trienekens, J. H. *Agro-industrial Supply Chain Management: Concepts and Applications*. FAO (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1369e/a1369e00.pdf>)
- Wibowo, A. (2012). *Model Dinamika Sistem Pada Manajemen Pasca-Bencana Alam Gempa Dan Tsunami (Studi Kasus: Bencana Gempa Padang September 2009)*. Tugas Akhir. Universitas Andalas.
- Wijaya, K. (2011). *Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas*. Diakses pada 23 Oktober 2013 dari <http://www.pse.ugm.ac.id/>

- Widodo, K. H., Nagasawa, H., Morizawa, K., Ota, M. (2006). A Periodical Flowering–Harvesting Model for Delivering Agricultural Fresh Products. *European Journal of Operational Research* 170: 24–43.
- Wouda, F. H. E., Van Beek, P., van der Vorst, J. G. A. J., Tacke, H. (2002). An Application of Mixed Integer Linear Programming Models on Redesign of the Supply Network of Nutricia Dairy & Drink Group in Hungary. *OR Spectrum* 24: 449-465.
- Yandra, Marimin, Jamaran, I, Eriyatno, Tamura, H. (2007). An Integration of Multi-Objective Genetic Algorithm and Fuzzy Logic for Optimization of Agroindustrial Supply Chain Design. *Proceeding of the 51st International Society for the System Science Conference*: 1-15.
- Yonga, Z., Xiangtaia, B., Ganga, R., Xiaohuaa, C., Jian, L. (2012). Analysing the Status, Obstacles and Recommendations for WCOs of Restaurants as Biodiesel Feedstocks in China from Supply Chain' Perspectives. *Resources, Conservation and Recycling* 60: 20– 37.
- Zee, D. J. van der, Vorst, J. G. A. J. van der. (2005). A Modeling Framework for Supply Chain Simulation: Opportunities for Improved Decision Making. *Decision Sciences* 36(1): 65-95.

Rika Ampuh Hadiguna

Index

A

Agroindustri iii, 13, 14, 17, 104
Aliran bahan 60, 104
Aliran informasi 10, 104
Aliran uang 104
Analisis a, b, ii, iii, 23, 24, 25, 36, 82,
101, 102, 104
Analitik 15, 104
Array 84, 104
Auxiliary 30, 84, 104

B

Bahan Bakar Minyak (BBM) 104
Bahan bakar nabati 104
Bahan baku 52, 104
Biodiesel i, iii, 1, 2, 46, 47, 48, 51, 55,
57, 62, 63, 64, 65, 70, 76, 80, 82,
83, 87, 91, 96, 99, 100, 101, 102,
103, 104
Biosolar 104

C

Causal loop diagram 29, 74, 104
Constants 104

D

Dinamis iii, 25, 26, 101, 104
Distribusi 58, 76, 80, 96, 99, 100, 104

E

Efektif 104
Efisien 104
Ekonomi 101, 104
Energi 1, 2, 3, 104
Esterifikasi 54, 101, 104
Exponential growth 31, 32, 104

F

Flow 29, 75, 76, 77, 78, 104

G

Geografis iii, 39, 40, 104
Goal seeking 32, 104

H

Harga 59, 76, 104
Heuristik 104
Hilir 104
Hirarki 104
Hulu 104

I

Indikator 16, 17, 104
Information link 105
Initialization link 105
Integrasi 22, 99, 105

J

Jaringan iv, 45, 67, 70, 71, 73, 80, 81, 83, 84, 85, 88, 89, 93, 97, 105

K

Karakterisasi iii, 21, 22, 105
Kebijakan a, b, 5, 45, 64, 87, 91, 101, 102, 105
Ketidakpastian 12, 16, 21, 105
Kinerja 16, 17, 105
Komoditas 105
Kompleks 105
Konsumen 50, 57, 70, 83, 105
Kualitas 17, 58, 59, 94, 99, 105
Kuantitas 105

L

Legal 105
Level 75, 76, 77, 78, 105
Lingkungan 4, 101, 105
Logistik 99, 105
Lokasi 64, 65, 105

M

Minyak goreng 3, 52, 81, 98, 105
Model iii, iv, 11, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 67, 70, 73, 74, 75, 76, 78, 81, 87, 91, 92, 95, 99, 100, 101, 102, 103, 105

N

Nilai tambah 16, 105

O

Opposite 105
Organisasi 17, 105
Oscillation 32, 105

P

Pabrik 10, 61, 62, 69, 70, 72, 80, 84, 96, 105
Parameter 56, 105
Pemangku kepentingan 45, 105
Pemasok 52, 67, 81, 105
Pemerintah 3, 7, 51, 98, 105
Perancangan i, iii, 21, 35, 37, 51, 99, 105
Persediaan 29, 60, 61, 62, 76, 80, 96, 105
Persistent 105
Produksi 55, 59, 80, 87, 91, 96, 101, 106
Proses 16, 17, 28, 39, 54, 55, 101, 106

R

Rancangan 5, 22, 39, 67, 95, 106
Rantai Pasok iii, iv, 7, 9, 11, 13, 14, 17, 35, 37, 46, 47, 51, 76, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 93, 96, 97, 100, 106
Retail 12, 106

S

Simulasi iv, 25, 26, 29, 32, 34, 35, 73, 83, 85, 106
Sistem iii, 5, 6, 13, 14, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 61, 83, 99, 100, 101, 102, 106
Sosial 101, 106
Stock flow diagram 106
Struktur 16, 22, 25, 106
Surplus 106

T

Teknik ii, 6, 7, 19, 23, 36, 79, 100, 106
Teknologi 100, 102, 106
Total biaya rantai pasok 17, 65, 77, 84,
85, 87, 88, 92, 106
Transesterifikasi 55, 101, 106
Transportasi 71, 76, 106

U

Umpan balik 16, 22, 26, 28, 106

V

Validasi iv, 36, 77, 79, 106
Variabel 27, 62, 73, 74, 76, 79, 80, 84,
85, 87, 88, 92, 96, 106
Verifikasi iv, 36, 51, 77, 106